

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



Grado en Ingeniería Informática

TRABAJO FIN DE GRADO

**Evaluación de la Usabilidad en Términos de
Eficiencia, Eficacia y Satisfacción de la
Herramienta INTEGRANOVA**

Autor: Raúl Hernando Rodríguez
Tutora: Silvia Teresita Acuña Castillo

Mayo 2016

Evaluación de la Usabilidad en Términos de Eficiencia, Eficacia y Satisfacción de la Herramienta INTEGRANOVA

AUTOR: Raúl Hernando Rodríguez
TUTORA: Silvia Teresita Acuña Castillo

Grupo de Investigación de Herramientas Interactivas Avanzadas (GHIA)
Departamento de Ingeniería Informática
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Mayo 2016

Resumen

Cada día la usabilidad es más importante en el desarrollo y uso de distintos tipos de productos software. En el caso de las herramientas de desarrollo de software dirigido por modelos (en inglés, *Model-Driven Development*, MDD), a pesar de los beneficios que aportan tales como la reducción de costos y de tiempo de desarrollo, existen estudios que determinan que éstas todavía no poseen una amplia aceptación debido a la falta de usabilidad de las herramientas de MDD.

El objetivo de este trabajo es la evaluación de la usabilidad de la herramienta de MDD INTEGRANOVA con respecto a los atributos de eficacia, eficiencia y satisfacción global. En concreto, se realiza un estudio empírico para analizar la usabilidad del editor del modelo de objetos de INTEGRANOVA, desde el punto de vista del desarrollador de software orientado a objetos (OO) y considerando diferentes niveles de experiencia con herramientas de MDD.

La evaluación que se lleva a cabo en esta investigación se realiza desde dos puntos de vista complementarios siguiendo las recomendaciones de la disciplina de la Interacción Persona-Ordenador (IPO): desde el punto de vista de la evaluación con expertos, mediante la técnica de evaluación heurística de INTEGRANOVA, que ha permitido identificar problemas y mejoras de usabilidad para la interfaz de esta herramienta, y desde el punto de vista de la evaluación con usuarios finales a través de la técnica de observación directa. En este último tipo de evaluación, este trabajo incorpora un aspecto normalmente ausente en la IPO, que es la realización de un estudio empírico mediante el diseño de un cuasi experimento para obtener evidencias empíricas sobre si los usuarios con experiencia en el uso de herramientas de MDD similares a INTEGRANOVA (pero no con INTEGRANOVA) realizan un conjunto de tareas de modelado de clases con diferente dificultad interaccionando con INTEGRANOVA con mayor eficacia, eficiencia y satisfacción global que los usuarios sin experiencia.

Una vez realizada la observación directa con ocho sujetos expertos y ocho sujetos novatos, que llevan a cabo 18 tareas de modelado OO de dificultad fácil, media y difícil, y obtenido los valores de eficacia, eficiencia y satisfacción global, se establece un estudio estadístico donde se analizan los estadísticos descriptivos básicos y los diagramas de caja para las diferentes combinaciones de factores. Además, para la variable dependiente eficiencia, al disponer de datos suficientes, se ha planteado un test ANOVA para cada una de las dos medidas en las que se descompone dicha variable: eficiencia propiamente dicha (tiempo que un sujeto necesita para completar la tarea) y eficiencia relativa (porcentaje de completitud de la tarea realizada en relación con el tiempo empleado en dicha tarea), considerando los dos grupos de sujetos y los tres niveles de dificultad de las tareas.

Los resultados permiten afirmar que existen diferencias estadísticamente significativas entre los expertos y novatos y la eficiencia relativa al realizar las tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, obteniendo mejores valores los expertos en completar las tareas difíciles, de dificultad media y fáciles que los novatos. Sin embargo, en el tiempo empleado para la realización de las diferentes tareas no se observa un efecto significativo del nivel de experiencia de los usuarios, aunque los expertos son mucho más rápidos en la ejecución de los distintos tipos de tareas.

Además, los expertos realizan cerca del 95% de las tareas tanto fáciles como medias y del 45% de las tareas difíciles frente a un porcentaje similar para las tareas fáciles, del 70% para las tareas medias y 10% para las tareas difíciles realizadas por los novatos.

Por último, los resultados de satisfacción obtenidos para los sujetos partícipes tanto novatos como expertos revelan cierta insatisfacción durante la realización de las tareas con la aplicación, que presenta un nivel de usabilidad marginal. Los resultados obtenidos indican diferencias apreciables entre sujetos expertos y novatos así como también en las dificultades de las tareas (fácil, media y difícil). Sin embargo, el estudio refleja una mayor diferencia entre la dificultad de las tareas que el efecto de ser experto o novato.

Palabras clave

Usabilidad, evaluación heurística, observación directa, desarrollo dirigido por modelos, eficacia, eficiencia, satisfacción global, estudio empírico.

Abstract

The importance of usability as part of the development and use of all sorts of software products is growing every day. Some studies have suggested that, despite its benefits like the reduction of development costs and time, model-driven development (MDD) is not widely accepted because MDD tools are not usable.

The aim of this paper is evaluate the usability of one MDD tool, namely INTEGRANOVA, with respect to the attributes of effectiveness, efficiency and overall satisfaction. In fact, we conduct an empirical study to analyse the usability of the INTEGRANOVA object model editor from the viewpoint object-oriented (OO) software developers with different levels of expertise with respect to MDD tools.

Following human-computer interaction (HCI) guidelines, the evaluation carried out in this research takes into account two complementary viewpoints: expert evaluation using the heuristic evaluation technique to evaluate INTEGRANOVA and end user evaluation using the direct observation technique. By means of heuristic evaluation, we were able to identify usability problems and improvements for the tool interface. Through the application of direct observation, this research took up an issue that is not usually addressed within HCI. To be exact, we conducted an empirical study with a quasi-experimental design in order to gather empirical evidence about whether users experienced in the use of MDD tools similar to INTEGRANOVA (but not INTEGRANOVA) interact more effectively and efficiently with INTEGRANOVA to perform a set of class modelling tasks of varying difficulty and are generally more satisfied with the tool than inexperienced users.

The direct observation technique was applied to eight expert subjects and eight novice subjects. These subjects carried out 18 easy, medium and hard OO modelling tasks. A statistical study was conducted on resulting values for effectiveness, efficiency and overall satisfaction, analysing the basic descriptive statistics and the box plots for the different combinations of factors. Additionally, as there were sufficient data for the efficiency dependent variable, an ANOVA was conducted for each of the two measures into which this variable is decomposed: efficiency (time that it takes a subject to complete the task) and relative efficiency (percentage of the task completed with respect to the time spent on the task), considering the two subject groups and the three task difficulty levels.

The results suggest that there are statistically significant differences between experts and novices with respect to their relative efficiency in performing the modelling tasks of different complexity levels. Experts were better at doing the difficult, medium and easy tasks than novices. However, user experience level was not found to have a significant effect on the time taken to complete the different tasks, although experts are much faster in performing such tasks.

Additionally, experts perform nearly 95% of easy and medium tasks and 45% of the difficult tasks, whereas novices complete a similar percentage of easy tasks, 70% of medium tasks and 10% of difficult tasks.

Finally, the results with respect to the overall satisfaction of both the novice and expert participants reveal some dissatisfaction during task performance using the application, which is found to have a low usability level. The results suggest that there are appreciable differences between both experts and novice subjects and with regard to task difficulty (easy, medium and difficult). Then again, the study indicates that task difficulty has a bigger effect than expertise.

Keywords

Usability, heuristic evaluation, direct observation, model-driven development, effectiveness, efficiency, overall satisfaction, empirical study.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer de modo especial a mi tutora Silvia su tiempo, dedicación, consejos, experiencia y, sobre todo, las ganas por compartir sus conocimientos que me han permitido llevar a cabo el trabajo de la mejor manera posible.

No quiero olvidarme de la ayuda desinteresada de Nelly Condori-Fernández, José Ignacio Panach, Jaime Moreno, Francisco Jurado, Herea Bouza y Agustín Martínez para realizar el trabajo así como de los profesores y compañeros de la EPS-UAM que han accedido a participar en él.

Por último, dar las gracias a mi familia y amigos por su apoyo en todos los momentos vividos y por ser lo que soy ahora.

A todos muchas gracias.

Índice

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Área de Trabajo | 1 |
| 1.2. Problema de Investigación | 2 |
| 1.3. Estructura del Trabajo | 4 |
| CAPÍTULO 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN..... | 5 |
| 2.1. Introducción..... | 5 |
| 2.2. Evaluación de la Usabilidad | 5 |
| 2.3. Estudios Cuantitativos sobre Usabilidad | 6 |
| 2.4. Herramientas de Desarrollo de Software Dirigido por Modelos | 7 |
| 2.5. Estudios de Usabilidad de Herramientas de MDD | 8 |
| CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN HEURÍSTICA | 11 |
| 3.1. Aplicación de la Técnica de Evaluación Heurística | 13 |
| 3.2. Análisis y Discusión de Resultados..... | 14 |
| 3.3. Problemas y Mejoras de Usabilidad de la Herramienta INTEGRANOVA | 16 |
| CAPÍTULO 4. OBSERVACIÓN DIRECTA..... | 21 |
| 4.1. Aplicación de la Técnica de Observación Directa..... | 21 |
| 4.2. Diseño Experimental | 22 |
| 4.3. Objetivos de Investigación | 22 |
| 4.4. Variables Estudiadas..... | 23 |
| 4.5. Hipótesis y Preguntas de Investigación | 24 |
| 4.6. Selección de Sujetos | 25 |
| 4.7. Instrumentos de Medición | 25 |
| 4.8. Procedimiento del Experimento | 26 |
| 4.9. Amenazas a la Validez | 27 |
| 4.10. Análisis de Datos | 28 |
| 4.11. Análisis Descriptivo | 28 |
| 4.12. Análisis Comparativo | 31 |
| 4.13. ANOVA..... | 33 |
| CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 37 |
| 5.1. Discusión | 37 |
| 5.2. Limitaciones | 39 |
| CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS..... | 41 |
| 6.1. Conclusiones..... | 41 |
| 6.2. Trabajos Futuros..... | 42 |

| | |
|--|------------|
| REFERENCIAS | 43 |
| GLOSARIO..... | 47 |
| ANEXOS | 49 |
| Anexo A. Cuestionario Pre-Test..... | 49 |
| Anexo B. Definición de las Tareas a Realizar por el Usuario..... | 51 |
| Anexo C. Cuestionario a Entregar al Usuario | 69 |
| Anexo D. Resultado de la Evaluación Heurística por los Evaluadores Expertos ... | 71 |
| Anexo E. Recolección de Datos por Sujeto..... | 87 |
| Anexo F. Clasificación de los Problemas y Mejoras de Usabilidad de la | |
| Herramienta INTEGRANOVA | 91 |
| Anexo G. Evaluación SUS..... | 99 |
| Anexo H. Problemas Identificados por Tareas | 101 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Resultados de la evaluación heurística de forma individual y colectiva..... | |
| por cada heurística | 15 |
| Figura 2. Valores promedio de los evaluadores expertos en la evaluación heurística ... | 15 |
| Figura 3. Mensaje de error por la sintaxis en el nombre de una clase | 17 |
| Figura 4. Mensaje de error por fórmula incorrecta de una condición | 18 |
| Figura 5. Factores del diseño del experimento | 22 |
| Figura 6. Agregación de valores ordinales: Un ejemplo | 24 |
| Figura 7. Procedimiento del experimento..... | 27 |
| Figura 8. Diagrama de cajas para la Eficacia en Expertos y Novatos | 29 |
| Figura 9. Diagrama de cajas para la Eficiencia Relativa en Expertos y Novatos | 30 |
| Figura 10. Diagrama de cajas para la Eficiencia en Expertos y Novatos | 31 |
| Figura 11. Comparativa de porcentaje de completitud de realización de la..... | |
| tarea (eficacia) por tipo de sujeto..... | 31 |
| Figura 12. Comparativa de eficiencia relativa por tipo de sujeto | 32 |
| Figura 13. Comparativa de eficacia óptima por complejidad de la tarea y por tipo..... | |
| de sujeto | 32 |
| Figura 14. Comparativa de satisfacción global por tipo de sujeto..... | 33 |
| Figura 15. Eficiencia relativa por tipo de sujeto..... | 34 |
| Figura 16. Eficiencia por tipo de sujeto..... | 35 |
| Figura 17. Creación de un perfil de usuario con acceso limitado..... | 51 |
| Figura 18. Clase creada | 52 |
| Figura 19. Creación de atributos variable y constante..... | 53 |
| Figura 20. Creación de atributo derivado | 54 |
| Figura 21. Derivación de un atributo y su condición | 55 |
| Figura 22. Creación de servicios | 56 |
| Figura 23. Creación de una relación de asociación | 57 |
| Figura 24. Creación de una relación de herencia..... | 58 |
| Figura 25. Establecimiento de los métodos de creación y destrucción | 59 |
| Figura 26. Creación de atributos de entrada y salida..... | 60 |
| Figura 27. Creación de una restricción de integridad..... | 61 |
| Figura 28. Edición de una relación entre clases | 62 |
| Figura 29. Creación de un perfil de usuario de administrador del sistema | 63 |
| Figura 30. Creación de un perfil de usuario con acceso limitado..... | 64 |
| Figura 31. Edición de los comentarios de una clase..... | 65 |
| Figura 32. Visualización de las relaciones de agente | 65 |
| Figura 33. Definición de una precondition de un servicio..... | 66 |
| Figura 34. Creación de una relación dinámica | 67 |
| Figura 35. Creación de una relación | 68 |
| Figura 36. Cuestionario a entregar al usuario..... | 69 |
| Figura 37. Botones de funcionalidad básica no estándares | 91 |
| Figura 38. El icono para añadir variables o funciones es una bombilla encendida,..... | |
| en realidad asociado a una idea o sugerencia | 91 |
| Figura 39. Alguno de los iconos no representativos de la función que realizan | 92 |
| Figura 40. Ventana de propiedades de una clase..... | 93 |
| Figura 41. Ventana de modificación de relaciones..... | 93 |

| | |
|---|----|
| Figura 42. El atributo “PrecioUnidad” parece seleccionado pero realmente lo | |
| está “NumeroUnidades” | 94 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Descripción de las heurísticas de Nielsen y de Pierotti | 11 |
| Tabla 2. Problemas identificados en INTEGRANOVA según la clasificación e importancia | 16 |
| Tabla 3. Lista de tareas | 26 |
| Tabla 4. Estadísticos descriptivos para Expertos y Novatos en el estudio de Eficacia .. | 29 |
| Tabla 5. Estadísticos descriptivos para Expertos y Novatos en el estudio de Eficiencia Relativa..... | 29 |
| Tabla 6. Estadísticos descriptivos para Expertos y Novatos en el estudio de Eficiencia | 30 |
| Tabla 7. Efectos de las pruebas de intra-sujetos para la variable eficiencia relativa..... | 34 |
| Tabla 8. Contraste de las pruebas de intra-sujetos para la variable eficiencia relativa .. | 34 |
| Tabla 9. Efectos de las pruebas de intra-sujetos para la variable eficiencia..... | 35 |
| Tabla 10. Contraste de las pruebas de intra-sujetos para la variable eficiencia | 35 |
| Tabla 11. Resultados de las variables respuesta estudiadas | 37 |
| Tabla 12. Cuestionario pre-test..... | 49 |
| Tabla 13. Resultados del cuestionario pre-test de los sujetos expertos | 50 |
| Tabla 14. Resultados del cuestionario pre-test de los sujetos novatos | 50 |
| Tabla 15. Heurística 1: Visibilidad del estado del sistema..... | 71 |
| Tabla 16. Heurística 2: Correspondencia entre sistema y mundo real | 73 |
| Tabla 17. Heurística 3: Control de usuario..... | 74 |
| Tabla 18. Heurística 4: Consistencia y estándares | 75 |
| Tabla 19. Heurística 5: Ayuda a los usuarios. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores | 77 |
| Tabla 20. Heurística 6: Prevención de errores..... | 78 |
| Tabla 21. Heurística 7: Reconocimiento antes que recordar | 79 |
| Tabla 22. Heurística 8: Adaptación al usuario | 81 |
| Tabla 23. Heurística 9: Minimalismo en el diseño y la estética | 82 |
| Tabla 24. Heurística 10: Ayuda y documentación | 83 |
| Tabla 25. Heurística 11: Eficiencia y eficacia | 84 |
| Tabla 26. Heurística 12: Interacción agradable del usuario | 85 |
| Tabla 27. Recolección de datos por sujeto, tareas y actividades | 87 |
| Tabla 28. Cuestionario de preguntas para la evaluación SUS | 99 |
| Tabla 29. Evaluación SUS del grupo de expertos | 99 |
| Tabla 30. Evaluación SUS del grupo de novatos | 99 |

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Área de Trabajo

Este trabajo se enmarca en el área de la evaluación de la usabilidad del producto final, en el marco de la disciplina de la Interacción Persona-Ordenador (IPO), y de la experimentación en Ingeniería del Software (IS). La usabilidad es un atributo de calidad que se define como la capacidad del producto software de ser entendido, aprendido, usado y atractivo para el usuario cuando se usa bajo condiciones específicas (ISO/IEC 25010, 2010). Según (Juristo et al., 2007; Winter & Rönkkö, 2010; Battey, 2001; Donahue, 2001) tener en cuenta este atributo de calidad proporciona varios beneficios añadidos: mejoras en la relación coste-beneficio con su consiguiente aumento en los ingresos de proyectos software, mejoras en la productividad del equipo de trabajo, facilidad en el mantenimiento de los productos, etc. Además Jacob Nielsen, considerado como el padre de la usabilidad, define la usabilidad como un atributo de calidad que asegura la facilidad de uso de las interfaces de usuario (Nielsen, 1994). Por su parte, el estándar internacional (ISO 9241-11, 1998) define la usabilidad como el grado en que un producto puede ser usado por determinados usuarios para alcanzar objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso determinado.

En las definiciones dadas se afirma que la usabilidad implica la existencia de un contexto determinado, de una clase de usuarios y un conjunto de objetivos específicos. Por ello, se deben considerar tres aspectos para tratar la usabilidad de un producto:

- **Objetivos:** depende de la orientación del producto para establecer unos objetivos acorde a las necesidades de los usuarios destinatarios del software, que serán los que marquen el desarrollo, debido a que un producto pensado para un público general tiene objetivos muy distintos de uno que sea utilizado para una empresa concreta.
- **Tipo de usuario:** los conocimientos, habilidades, experiencia o educación influyen de manera determinante en el uso de un producto, éste tiene que estar enfocado hacia la clase de usuarios particulares que lo utilizará.
- **Contexto:** un producto se desarrolla en torno a un contexto específico de uso tanto físico como social; es un factor importante, pues un producto usable para un contexto concreto puede no serlo para otro.

La usabilidad es un atributo de calidad cada día más importante en el desarrollo y uso de distintos tipos de productos software (Juristo et al., 2007). Entre estos productos, las herramientas de desarrollo de software dirigido por modelos (en inglés, *Model-Driven Development*, MDD) permiten elaborar modelos conceptuales, siendo su objetivo principal el desarrollo de software por medio de dichos modelos, que representan abstractamente el sistema a desarrollar (Condori-Fernández et al., 2013). El modelo conceptual es la entrada del compilador que genera el código de la aplicación del sistema. Además, estas herramientas brindan beneficios para el desarrollo de software tales como (Selic, 2003): la reducción de costos y de tiempo de desarrollo y una mayor calidad y satisfacción del cliente, consiguiendo así una mejora en la competitividad.

Sin embargo, estas herramientas no poseen una amplia aceptación y se está investigando sobre los motivos para proporcionar soluciones. Existen estudios que determinan el por qué las herramientas de MDD no son todavía una realidad: no existe un estándar de desarrollo, la curva de aprendizaje de las herramientas de MDD es alta o incluso las elaboraciones y transformaciones de modelos son difíciles. El denominador común de estas causas es la falta de usabilidad de la herramienta de MDD (Condori-Fernández et al., 2013).

En este trabajo se sigue esta línea de investigación, y se realiza la evaluación de la usabilidad de una herramienta de MDD, seleccionando para tal fin la herramienta INTEGRANOVA (INTEGRANOVA Technologies). En concreto, se realiza un estudio empírico para analizar la usabilidad del editor del modelo de objetos de INTEGRANOVA, desde el punto de vista del desarrollador de software, en el contexto del desarrollo orientado a objetos (OO) y considerando diferentes niveles de experiencia con herramientas de MDD. INTEGRANOVA es una herramienta industrial que implementa un método de desarrollo de software llamado MDD OO-Method (Pastor & Molina, 2007) y tiene como objetivo automatizar el proceso de desarrollo para crear software totalmente funcional sin la necesidad de escribir código.

En esta investigación se evaluará la usabilidad de la herramienta INTEGRANOVA, ya que habitualmente los desarrolladores de las herramientas de MDD no incorporan la usabilidad en su desarrollo, porque éstas están destinadas a personas con altos conocimientos en la materia. Sin embargo, las herramientas de MDD tienen características específicas distintas a las de otras herramientas. Por una parte, el trabajo de un diseñador con estas herramientas requiere mucho tiempo de aprendizaje para poder usarlas de manera eficiente (Singh & Sood, 2009). Por otra parte, la usabilidad es un atributo de calidad de importancia capital para la aceptación del software por parte de los usuarios tanto de los que no trabajan en el desarrollo de aplicaciones como de los que sí trabajan en el contexto de desarrollo de software y más aún en herramientas de MDD, debido a que éstas son difíciles de utilizar por su alta complejidad del paradigma empleado además de poseer un elevado nivel de interactividad proporcionando un gran número de múltiples funcionalidades.

Esta evaluación se realiza desde dos puntos de vista complementarios siguiendo las recomendaciones de la disciplina de la IPO (Ferré, 2005): desde el punto de vista de la evaluación con expertos y desde el punto de vista de la evaluación con usuarios finales. En este último tipo de evaluación, este trabajo incorpora un aspecto normalmente descuidado en la IPO, que es la realización de un estudio empírico mediante el diseño de un cuasi experimento para obtener evidencias empíricas sobre si los usuarios con experiencia en el uso de herramientas de MDD similares a INTEGRANOVA (pero no con INTEGRANOVA) realizan las tareas de modelado de clases y objetos interaccionando con INTEGRANOVA con mayor eficacia, eficiencia y satisfacción que los usuarios sin experiencia.

1.2. Problema de Investigación

En la actualidad existen pocos trabajos que evalúen empíricamente la usabilidad de una herramienta de MDD (Panach et al., 2015), ya que la mayoría son experiencias pero no

responden a un diseño experimental. Por consiguiente, en este trabajo se plantea un cuasi experimento que permitirá comprobar las hipótesis y preguntas de investigación que se formularán y aportará evidencias empíricas sobre la usabilidad de INTEGRANOVA en términos de modelado OO con diagramas de clases.

La finalidad de este trabajo es evaluar la usabilidad de INTEGRANOVA para determinar si existe algún tipo de dificultad o problema y así proponer posibles mejoras y/o cambios tanto en la interfaz de la aplicación como en el diseño de la interacción del usuario con la herramienta para aumentar su usabilidad. Para la evaluación de INTEGRANOVA se van a aplicar dos técnicas de la IPO: la evaluación heurística (Nielsen & Molich, 1990) y la observación directa (Preece et al., 1994).

En primer lugar, la evaluación heurística se llevará a cabo por tres evaluadores expertos para posteriormente integrar los resultados y analizar la conformidad de la interfaz del usuario de INTEGRANOVA en relación con su facilidad para ser aprendida y usada por usuarios particulares y en un contexto específico. En segundo lugar, se realizará la observación directa, en el marco de un diseño experimental con usuarios, en la que se analizará la eficiencia, eficacia y satisfacción global de los diferentes usuarios durante la realización de diferentes tareas especialmente preparadas.

INTEGRANOVA es una herramienta de desarrollo de software dirigido por modelos, que genera aplicaciones completas y totalmente adaptadas a las necesidades del negocio a partir de modelos conceptuales. Estos modelos están divididos en cuatro vistas complementarias: el Modelo de Objetos, el Modelo Dinámico (dividido a su vez en Diagrama de Transición de Estados y Diagrama de Interacción de Objetos), el Modelo Funcional y el Modelo de Presentación (Molina & Pastor, 2004). Sin embargo y debido a la extensión de INTEGRANOVA, en este cuasi experimento se va a evaluar una de las partes como es el modelado OO y más concretamente la creación de diagramas de clases UML (del inglés, *Unified Modeling Language*), siendo este modelo el más ampliamente utilizado.

Por un lado, determinamos dos grupos de usuarios de diferentes perfiles: usuarios expertos que son personas que saben trabajar con diagramas de clases UML y tienen experiencia con herramientas de MDD (pero no con INTEGRANOVA) y usuarios novatos, es decir, personas que realizan diagramas de clases UML pero no poseen altos conocimientos en su elaboración y no han utilizado herramientas de MDD. Se ha contado con un total de 16 sujetos, siendo 8 de ellos novatos y otros 8 expertos.

Por otro lado, definimos las tareas más habituales para elaborar un diagrama de clases que se pueden realizar con este tipo de herramientas y las clasificamos según su nivel de dificultad: fácil, medio y difícil.

Una vez definidos tanto los grupos de usuarios como las tareas, la evaluación se realizará en términos de eficiencia, eficacia y satisfacción, como propone el estándar internacional (ISO 9241-11, 1998) para estudiar las diferencias entre los grupos de usuarios (novatos y expertos), posterior a la realización de las mismas tareas y en el mismo orden por cada uno de los sujetos, y comprobar así si la eficiencia, eficacia y satisfacción global es la misma independientemente del nivel de experiencia de los usuarios. Además, se describirán los problemas de usabilidad detectados junto con las recomendaciones de mejoras propuestas.

1.3. Estructura del Trabajo

Este trabajo está organizado en seis Capítulos y ocho Anexos. A continuación, se describe el contenido de cada uno de ellos.

El Capítulo 1 incluye una presentación de la investigación que se pretende llevar a cabo, en la que se plantea el problema a investigar, los objetivos del trabajo y las técnicas de usabilidad que se emplearán para llegar a la solución propuesta.

El Capítulo 2 aborda el estado de la cuestión. Se presenta la actividad de evaluación de usabilidad, los diferentes métodos y técnicas de la IPO utilizados para su realización y los estudios cuantitativos en usabilidad analizados así como también se describen las características de las herramientas de MDD y de las investigaciones de la evaluación de la usabilidad en estas herramientas.

El Capítulo 3 contiene la descripción de la técnica de evaluación heurística aplicada con el correspondiente análisis y la descripción en detalle de los problemas encontrados y recomendaciones de mejora propuestas.

El Capítulo 4 constituye el núcleo experimental del proyecto, donde se describe la técnica de observación directa aplicada y la justificación de las decisiones del diseño experimental a realizar junto con los objetivos, hipótesis y preguntas de investigación del experimento. Además, se detallan las variables estudiadas, los participantes en el experimento y los instrumentos de medición que se van a utilizar. Por último, se presenta el análisis estadístico de los datos.

En el Capítulo 5 se detalla la discusión de los resultados obtenidos para las medidas de eficiencia, eficacia y satisfacción global de los tipos de usuarios (novatos y expertos) al interactuar con INTEGRANOVA así como también las limitaciones del estudio.

El Capítulo 6 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

Seguidamente se muestran las referencias utilizadas a lo largo del presente trabajo, un glosario de términos y los Anexos que se describen a continuación.

En el Anexo A se muestra el cuestionario pre-test entregado a los sujetos para identificarlos en uno de los dos grupos establecidos. En el Anexo B se describen las tareas a realizar por el usuario, indicando las hipótesis, pre y post condiciones de las tareas. En el Anexo C se presenta el cuestionario entregado a los usuarios para realizar las tareas con la herramienta INTEGRANOVA. En el Anexo D se encuentran los resultados de la evaluación heurística realizada por cada uno de los expertos. En el Anexo E se muestra la tabla utilizada para la recolección de los datos durante la realización de la observación directa con cada uno de los sujetos. En el Anexo F se encuentran clasificados los problemas identificados en la evaluación heurística y las mejoras de usabilidad propuestas de manera integrada. El Anexo G se corresponde con los resultados de la evaluación de la satisfacción global de los dos grupos de sujetos establecidos mediante el cuestionario SUS. En el Anexo H se encuentran los problemas identificados por tareas durante la realización y análisis de la observación directa.

CAPÍTULO 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1. Introducción

En este capítulo se presenta una revisión de la literatura sobre la evaluación de la usabilidad y se tratan las técnicas de la IPO para mejorar la usabilidad así como los tipos de estudios cuantitativos que se realizan en usabilidad. Además, se abordan los enfoques existentes de las herramientas en la industria de desarrollo de software dirigido por modelos, haciendo hincapié en INTEGRANOVA y, los estudios encontrados hasta ahora relacionados con la usabilidad de herramientas de MDD.

2.2. Evaluación de la Usabilidad

La usabilidad es un concepto complejo, debido a la naturaleza compleja de los seres humanos. Sin llevar a cabo ningún tipo de evaluación es imposible saber si el sistema satisface las necesidades de los usuarios y si encaja adecuadamente en el contexto físico, social y organizacional en el que va a ser usado (Preece et al., 1994).

La evaluación de la usabilidad para (i Saltiveri et al., 2011) es una actividad necesaria de comprobación que comprende un conjunto de métodos y técnicas que analizan la usabilidad y/o la accesibilidad de un sistema interactivo en diferentes etapas del ciclo de vida del software. Para (Ivory & Hearst, 2001) es un proceso en sí mismo, que precisa de distintas actividades según el método utilizado en la evaluación. Generalmente, las siguientes tres actividades son incluidas en tal proceso (Aveledo, 2014):

- **Captura:** que incluye la recogida de toda la actividad relacionada con las tareas y el contexto de su realización, como son la eficiencia, comentarios del usuario o gestos y reacciones durante la realización.
- **Análisis:** que comprende la interpretación de los datos recogidos para así identificar problemas de usabilidad.
- **Crítica:** que incluye las recomendaciones y soluciones para mejorar o paliar los problemas de usabilidad detectados.

La evaluación de la usabilidad tiene definidos tres objetivos principales (i Saltiveri et al., 2011):

1. Comprobar la extensión de la funcionalidad del sistema.
2. Comprobar el efecto de la interfaz del usuario.
3. Identificar cualquier problema específico en el diseño de la interacción del sistema.

Sin embargo, existen ciertos factores que pueden afectar a la evaluación y sus resultados. Entre los principales factores se encuentran (Aveledo, 2014): los métodos de evaluación, las tareas, el número de usuarios, los evaluadores y las medidas de usabilidad.

En la IPO existe un gran abanico de diferentes técnicas para evaluar la usabilidad. Estas pueden ser denominadas con distintos nombres según el autor y tener múltiples variantes para una misma técnica. En (Ferré, 2005) podemos consultar una recopilación de las técnicas de la IPO.

Las técnicas de evaluación de la usabilidad se clasifican en tres grandes grupos (Ferré, 2005): evaluación por expertos, test de usabilidad y estudios de seguimiento de sistemas instalados.

La evaluación por expertos no necesita la intervención de usuarios representativos utilizando el sistema, y complementa al resto de actividades de evaluación de la usabilidad que se empleen en un proyecto (Ferré, 2005). Involucra técnicas tales como la evaluación heurística (Nielsen & Molich, 1990) o recorrido cognitivo (Lewis & Wharton, 1997).

Los test de usabilidad incluyen todas las variantes de test de usabilidad con usuarios representativos. Se trata de la evaluación de usabilidad durante el desarrollo de un sistema interactivo, necesaria en cualquier proyecto de desarrollo de software que tenga como objetivo un buen nivel de usabilidad (Ferré, 2005). En los test de usabilidad se utilizan algunas de las siguientes técnicas: thinking aloud (Nielsen, 1994), información pos-test (Constantine & Lockwood, 1999) y grabaciones de vídeo (Preece et al., 1994).

El estudio de seguimiento de sistemas instalados permite recoger datos fidedignos acerca del uso real del software y las dificultades que plantea también con usuarios representativos (Ferré, 2005). En este último grupo, se encuentran las técnicas de observación directa (Preece et al., 1994), feedback de usuarios (Shneiderman et al., 2009) y cuestionarios y encuestas (Preece et al., 1994).

Como se ha mencionado, en este trabajo utilizaremos la técnica realizada por expertos de evaluación heurística y la técnica de evaluación con usuarios de la herramienta INTEGRANOVA, observación directa junto con cuestionario, que permite complementar los resultados adecuadamente.

2.3. Estudios Cuantitativos sobre Usabilidad

En la actualidad existen diversos estudios cuantitativos relacionados con la usabilidad: estudios en los que se mide el impacto de la usabilidad a través de herramientas automáticas, estudios empíricos sobre usabilidad y cuasi-experimentos.

En (Cassino et al., 2015) se propone el uso de herramientas automáticas para la medición del impacto de la usabilidad. La utilización de este tipo de herramientas pueden reducir en gran medida los costes de las actividades tradicionales realizadas durante la evaluación por expertos o pruebas con usuarios para estimar la probabilidad de éxito de una aplicación. Sin embargo, es importante recalcar que estos métodos deben ser empíricamente válidos para demostrar su eficacia con respecto a los atributos que se supone que deben evaluar. En esta publicación se analizan cuatro sitios web y una aplicación interactiva independiente tanto de forma automática como con métodos

manuales. El análisis de los resultados muestra que la metodología propuesta es un complemento útil a las técnicas estándar de evaluación de usabilidad.

El segundo tipo de estudios realizados en usabilidad son los estudios empíricos. Los estudios empíricos se basan en el método empírico que es un modelo de investigación científica que se sostiene sobre la experimentación y la lógica empírica. En (Piccioni et al., 2013) se propone el uso de estudios empíricos sobre usabilidad para crear bibliotecas API. En este trabajo se combinan entrevistas con preguntas basadas en el marco de dimensiones cognitivas con observaciones sistemáticas del comportamiento del programador mientras tiene que resolver tareas de programación descritas en fichas. El estudio proporcionó evidencias que demuestran que uno de los problemas más significativos es encontrar buenos nombres para las bibliotecas. Los 25 programadores participantes también demuestran dificultades para descubrir las relaciones entre los tipos de API. Se confirma la crucial importancia de la precisión de la documentación de la interfaz para conseguir mejora en la usabilidad.

En (Andreasen et al., 2007) se realiza un cuasi experimento en el que se evalúa la usabilidad de forma remota de tres formas distintas. Se determina que dichas técnicas funcionan mejor cuando se detectan problemas de usabilidad. Existen dos limitaciones importantes en este tipo de experimentos:

- (i) Son más vulnerables a los sesgos de selección, es decir, que el grupo de tratamiento puede diferir del grupo de control en características que están correlacionadas con los resultados estudiados, distorsionando los resultados del impacto.
- (ii) Dependen mucho de los métodos estadísticos multivariantes y son, por lo tanto, sensible al uso de modelos estadísticos apropiados y al tratamiento correcto de los problemas de estimación estadística.

Es necesario destacar en este punto, que en la bibliografía estudiada no se han encontrado estudios en los que se realicen experimentos verdaderos para evaluar si el diseño de la interfaz y de la interacción de la aplicación afecta a la eficacia, eficiencia y satisfacción global de distintos tipos de usuarios.

En esta investigación se diseña un cuasi experimento porque la experiencia que tienen los usuarios en el uso de herramientas de MDD es inherente a cada sujeto experimental y no pueden asignarse al azar a los dos grupos considerados: novatos y expertos.

2.4. Herramientas de Desarrollo de Software Dirigido por Modelos

La IS se ha distinguido por continuos aumentos en el nivel de abstracción, lo que ha favorecido llevar a cabo problemas de mayor tamaño y complejidad por parte de los desarrolladores. Así, la arquitectura dirigida por modelos (Model-Driven Architecture o MDA) propuesta por el Object Management Group (OMG) separa el diseño de la arquitectura y de las tecnologías de la construcción de software, lo cual favorece la modificación independiente de ambas partes (Molina & Pastor, 2004).

Las herramientas MDA permiten tanto la elaboración de modelos conceptuales como la automatización de generación de código basado en el uso de los estándares OMG. MDA

es un subconjunto de MDD (Panach et al., 2015). El enfoque MDD recomienda la automatización de generación de código en el mayor grado posible. No obstante existe una amplia variedad de enfoques para aplicar este paradigma MDD. Algunas de estas propuestas como INTEGRANOVA (Pastor & Molina, 2007), WebRatio (Acerbis et al., 2007), Genexus (Artech, GeneXus) y OOHDM (Schwabe et al., 1999), generan sistemas totalmente funcionales por medio de transformaciones automáticas. Otras propuestas generan parte del sistema como NDT (Escalona & Aragón, 2008) que puede generar todo el código que soporta el comportamiento y la persistencia, pero gran parte de la interfaz de usuario debe ser implementada de forma manual (Panach et al., 2015).

Entre las herramientas de MDD, INTEGRANOVA es una herramienta que permite la edición y validación de modelos conceptuales OO-Method y sus características principales son: soporte a los cuatro modelos (objetos, dinámico, funcional y presentación), soporte al modelado de vistas legadas, asistente para la escritura de fórmulas, validación automática de cada uno de los modelos, soporte al modelado cooperativo, generación automática de documentación sobre un modelo y de métricas para medir el tamaño funcional asociado a un modelo (Molina & Pastor, 2004). El enfoque OO-Method se trata de un método de MDE (Model-Driven Engineering) que permite generar sistemas totalmente funcionales a partir de un modelo conceptual. A partir del modelo conceptual y mediante transformaciones, un compilador de modelos genera el código necesario para el sistema. Las cuatro vistas complementarias del modelo conceptual hacen que todos los aspectos funcionales de una aplicación puedan ser descritos de forma abstracta gracias a las denominadas primitivas conceptuales que tienen una semántica precisa. En gran medida estas primitivas conceptuales poseen una notación gráfica basada en UML, que permite ocultar la complejidad y formalismo de la especificación OASIS subyacente (Molina & Pastor, 2004).

En este trabajo se considera la evaluación de la usabilidad del editor del modelo de objetos de INTEGRANOVA, que constituye la base de todo el trabajo de ingeniería posterior del enfoque de MDD.

2.5. Estudios de Usabilidad de Herramientas de MDD

Las organizaciones de desarrollo de software reconocen la relevancia de la usabilidad en el éxito de productos software (Hakiel, 1997). Sin embargo, y a pesar de los innumerables beneficios que suponen las herramientas de MDD, no están ampliamente adoptadas debido a lo cual se están realizando investigaciones para abordar las soluciones necesarias. Por ello, existen estudios que evalúan la usabilidad de herramientas de MDD mediante cuasi experimentos (Condori-Fernández et al., 2013).

En estos estudios se mide principalmente la satisfacción de los sujetos utilizando herramientas de MDD y se realiza un proceso específico mediante el uso de la herramienta Emocard, que consta de 16 rostros donde ocho son femeninos y ocho masculinos. Ambos representan ocho expresiones emocionales (tales como diferentes grados de calma o excitación) para poder calcular estas expresiones según la variación de agradabilidad y excitación del sujeto durante la realización de cada tarea. Sin embargo, en este trabajo, el proceso realizado para medir la satisfacción no sigue un estándar establecido y no describe la forma de agregación de los resultados.

Además, hay trabajos que evalúan la usabilidad de las aplicaciones generadas por las propias herramientas de MDD (España et al., 2006; Abrahão et al., 2006). En el primer trabajo se presenta una estrategia de evaluación de la usabilidad en la fase de modelado conceptual del sistema software OlivaNova Model Execution (ONME), basándose en las correspondencias entre la definición abstracta de la interfaz de usuario y sus implementaciones software. Además, se demuestra un cierto nivel de usabilidad en las interfaces de usuario generadas automáticamente a partir del sistema software. En el segundo, se presenta un marco conceptual que incluye la usabilidad en procesos de desarrollo de software basados en MDA. También, incorpora un estudio experimental con un grupo de usuarios reales que evalúa la usabilidad de una aplicación generada automáticamente por la herramienta ONME basada en MDA.

Los experimentos con usuarios finales facilitan la evaluación de la usabilidad de las herramientas de MDD, permitiendo encontrar las barreras de facilidad de uso y así conseguir su uso de forma amplia en la industria (Condori-Fernández et al., 2013). En este trabajo se determina que las principales barreras de facilidad de uso se deben a la falta de usabilidad de las herramientas de MDD. Sin embargo, existen pocos trabajos que traten este tema y por ello esta investigación contribuye en esta dirección.

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN HEURÍSTICA

La IPO presenta a la Evaluación Heurística (EH) como un método de evaluación de la usabilidad por inspección que debe ser llevado a cabo por evaluadores expertos a partir de unos principios (denominados “heurísticos”) previamente establecidos (González et al., 2001). Al ser una técnica de evaluación de la usabilidad, en la EH se analiza la conformidad de la interfaz del usuario del software en relación con su facilidad para ser aprendido y usado por usuarios particulares y en un contexto determinado.

Para la evaluación de INTEGRANOVA se seleccionó este método de inspección por ser uno de los más utilizados y conocidos actualmente en evaluaciones de usabilidad en el ámbito industrial (Ventirini & Troost, 2004). En concreto, se va a utilizar la propuesta de (Nielsen, 1994), uno de los modelos más representativos de este método, para examinar si la interfaz de usuario de modelado OO de INTEGRANOVA se basa en los principios de diseño centrados en el usuario. Para aplicar esta propuesta, el conjunto de evaluadores expertos en usabilidad debe contrastar y validar de forma individual cada una de las heurísticas, conjunto revisado de reglas heurísticas de usabilidad a partir del análisis de 249 problemas de usabilidad (Nielsen, 1994), con la interfaz de INTEGRANOVA.

La propuesta de Nielsen se basa en la evaluación de 10 heurísticas que se describen en la Tabla 1 (heurísticas de 1-10). Además de las diez heurísticas elaboradas por Nielsen (Nielsen Norman Group) se van a utilizar tres heurísticas añadidas por Pierotti (Pierotti, 2004) para una mayor completitud de la evaluación (heurísticas de 11-13) de la Tabla 1.

| Heurística | Descripción |
|---|---|
| 1. Visibilidad del estado del sistema | Aspectos relacionados con la navegación y la obligatoriedad del sistema que siempre debe mantener a los usuarios informados acerca de lo que está pasando, con un feedback adecuado y dentro de un periodo de tiempo razonable. |
| 2. Correspondencia entre sistema y mundo real | El sistema debe hablar el lenguaje de los usuarios. Las palabras, expresiones y conceptos han de ser familiares al usuario, y no orientados a términos propios del sistema. Sigue convenciones del mundo real, haciendo que la información aparezca en un orden natural y lógico. |
| 3. Control de usuario | Con frecuencia, los usuarios eligen funciones del sistema por error y necesitan una “salida de emergencia” que esté claramente señalizada para abandonar el estado indeseado sin tener que atravesar un largo diálogo. Ha de soportar “deshacer” (undo) y “rehacer” (redo). |
| 4. Consistencia y estándares | Los usuarios no deben plantearse si diferentes palabras, situaciones o acciones significan la misma cosa. Estos aspectos siguen convenciones de plataforma. |

Tabla 1. Descripción de las heurísticas de Nielsen y de Pierotti

| Heurística | Descripción |
|---|--|
| 5. Ayuda a los usuarios. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores | Los mensajes de error han de estar en lenguaje plano (sin códigos), indicando el problema de la forma más precisa posible y sugiriendo una solución (si es posible). |
| 6. Prevención de errores | Preferible a un buen mensaje de error es un diseño cuidado que prevenga que el problema ocurra la primera vez. |
| 7. Reconocimiento antes que recordar | Minimizar la memorización del usuario para utilizar cualquier objeto, acción u opción. El usuario no tiene que recordar información de una parte a otra. Las instrucciones para el uso del sistema deben estar visibles o fácilmente recuperables cuando sea apropiado. |
| 8. Adaptación al usuario | El sistema debería soportar, extender, complementar, mejorar las aptitudes de los usuarios, su conocimiento de base y habilidad, no reemplazarlas. Los aceleradores – no visibles para el usuario novato – pueden aumentar la velocidad de interacción para el usuario experto, de forma que el sistema pueda satisfacer a ambos tipos de usuarios (sin/con experiencia). Permite para cada usuario adaptar el sistema a sus acciones frecuentes. Proporciona alternativas de acceso y operaciones a los usuarios que difieren del “usuario medio” (ejemplos, cultura, idioma, característica física o cognitiva, etc.). |
| 9. Minimalismo en el diseño y la estética | No debe contener información irrelevante o que se necesite rara vez. Cada unidad de información extra compite con las unidades relevantes de información y disminuye su visibilidad relativa. |
| 10. Ayuda y documentación | Aunque es mejor que el sistema pueda utilizarse sin documentación, es necesario proporcionar ayuda y documentación. Cualquier información debe ser fácil de buscar, estar centrada en la tarea del usuario, listar los pasos concretos a realizar y no ser demasiado larga. |
| 11. Eficiencia y eficacia | Aspectos que permitan que el uso del sistema sea eficaz, y, en la medida de lo posible, eficiente. Facilitar las tareas de usuario. |
| 12. Interacción agradable del usuario | Las interacciones del usuario con el sistema deberían mejorar la calidad de su vida laboral. El usuario debe ser tratado con respeto. El diseño debe ser estéticamente satisfactorio, tanto artística como funcionalmente. |
| 13. Privacidad | El sistema debe ayudar al usuario a proteger su información personal o privada, relativa al mismo o a su/s cliente/s. |

Tabla 1. Descripción de las heurísticas de Nielsen y de Pierotti (Continuación)

Este capítulo está organizado como sigue. El apartado 3.1 muestra el desarrollo seguido y la justificación de las decisiones tomadas para la ejecución de la EH. El apartado 3.2 contiene los resultados obtenidos por cada uno de los expertos y la integración y discusión de forma global de dichos resultados. Por último, el apartado 3.3 describe los

problemas de usabilidad identificados con las propuestas de mejora obtenidas mediante la ejecución de la técnica de EH.

3.1. Aplicación de la Técnica de Evaluación Heurística

La EH se ha llevado a cabo de forma empírica observando la interfaz de INTEGRANOVA e intentando obtener una opinión acerca de los aspectos positivos y negativos de la interfaz. Se ha observado que utilizando los mismos principios heurísticos, diferentes personas localizan distintos tipos de problema, por ello y según indican los estudios de (Nielsen & Molich, 1990) un número de evaluadores expertos entre 3 y 5 resulta óptimo para obtener conclusiones válidas.

En este trabajo, en la EH han intervenido tres expertos en usabilidad de modo independiente para no dejarse influenciar entre ellos, dos profesores de la EPS-UAM (Escuela Politécnica Superior-Universidad Autónoma de Madrid), Jaime Moreno Llorena y Francisco Jurado Monroy y el autor del TFG (Trabajo Final de Grado), que de aquí en adelante serán Experto 1, Experto 2 y Experto 3, respectivamente.

Para la toma de decisiones, se estableció un grupo de investigación formado por tres profesores con experiencia contrastada y con publicaciones relacionadas con la evaluación de usabilidad como son Silvia Teresita Acuña, profesora de la EPS-UAM, Nelly Condori-Fernández, profesora de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Vrije de Ámsterdam (Holanda) y José Ignacio Panach, profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Valencia y, también, el autor del TFG.

Como se comentó anteriormente, además de las heurísticas de Nielsen el grupo de investigación tomó la decisión de incorporar las heurísticas de Pierotti así como también las subheurísticas de Pierotti para todas las heurísticas consideradas a fin de complementar la EH. Cada lista de elementos de las heurísticas está formulada con preguntas cerradas dicotómicas, es decir, las respuestas pueden ser Sí, No o No sabe. Sin embargo, el grupo de investigación y los evaluadores expertos optaron por modificar las posibles respuestas, siguiendo ahora una escala Likert con cinco niveles de respuesta (1 totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 de acuerdo, 5 totalmente de acuerdo) y así poder cuantificar los resultados obtenidos. No obstante, tanto las heurísticas de Nielsen como las subheurísticas de Pierotti se encuentran enfocadas a la usabilidad web por lo que los evaluadores expertos decidieron añadir un campo más a las posibles respuestas, siendo éste el de criterio no aplicable (NA, es decir, no se aplica) para que así no afecte a los resultados. En cuanto a las preguntas formuladas se ha decidido no modificarlas para no perder el contexto y que sea el evaluador experto el que decida la respuesta en función de la pregunta. Esto nos permite poder cuantificar los resultados de las heurísticas así como también detectar los problemas más graves. Cabe destacar, que la última heurística de Pierotti, privacidad, se ha decidido no contabilizarla al ser toda la lista de preguntas de la heurística respondida como criterio no aplicable por todos los evaluadores expertos, ya que en el modelado OO de INTEGRANOVA no se evalúa la privacidad.

También, se tomó la decisión, de forma conjunta por los tres evaluadores expertos, de seleccionar aquellas listas de preguntas con criterio no aplicable, por lo que dicha columna (NA) es uniforme para los tres evaluadores.

Previo a la evaluación de la herramienta INTEGRANOVA, el autor del TFG se reunió con cada uno de los evaluadores expertos para instalar la herramienta y que cada uno pudiera utilizarla favoreciendo su manejo, explicarles el propósito de INTEGRANOVA, sus características principales, una explicación detallada de los perfiles de usuario que utilizarán INTEGRANOVA (expertos y novatos) y de su funcionamiento, realizando diferentes tareas que posteriormente efectuarían los usuarios para así poseer conocimientos de la herramienta y poder utilizarla adecuadamente para una correcta evaluación. También se dedicaron 30 minutos para responder a preguntas y dudas y, después, se les entregó los documentos elaborados por el autor del TFG para la evaluación. Estos constan de un fichero Excel en el que aparecen las 10 heurísticas de Nielsen y las 3 de Pierotti junto con las subheurísticas correspondientes. Cada una de las heurísticas y subheurísticas se presentan de forma independiente con las 6 posibles respuestas y una última fila por heurística que indica el valor obtenido (1-5) sin contabilizar aquellas preguntas seleccionadas como criterio no aplicable, y una plantilla en un documento Word donde se indican los errores localizados, con su importancia, explicación, ejemplo y recomendaciones. Toda esta información ha permitido la posterior integración de los resultados tanto de modo cuantitativo como de los problemas encontrados por los tres evaluadores, generando el informe final de evaluación.

Los documentos mencionados fueron rellenados una vez que los evaluadores expertos habían probado y obtenido soltura con la herramienta.

3.2. Análisis y Discusión de Resultados

Una vez realizadas las evaluaciones por los evaluadores expertos (ver Anexo D) se procede al análisis de los datos obtenidos. Los valores totales que se muestran en cada una de las tablas del Anexo D corresponden al número de preguntas de cada heurística respondidas con [1-5] respectivamente y por cada uno de los expertos. Ese valor total se multiplica por [1-5] respectivamente y se realiza el sumatorio para dividirlo por 5 y obtener la media ponderada de cada experto y heurística. También, se muestra la media aritmética de los tres expertos por heurística.

Además, se ponen en común los problemas de usabilidad encontrados por los tres evaluadores y se agrupan según a la heurística que pertenezcan indicando la importancia estimada, como se detalla en el apartado 3.3.

En la Figura 1 se muestra, tanto de forma individual por experto 1, 2 y 3 como de forma conjunta para cada una de las heurísticas, los resultados cuantitativos obtenidos de las heurísticas.

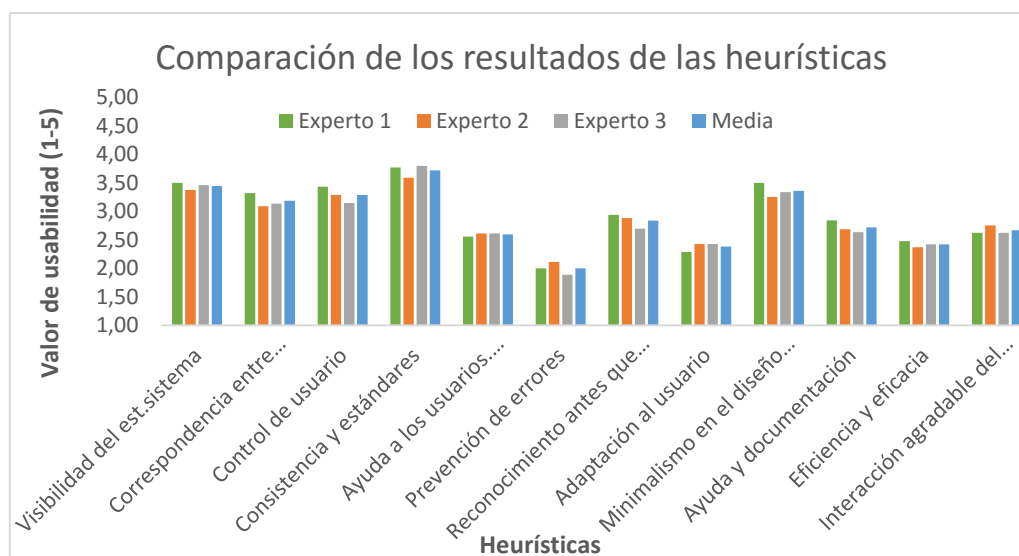


Figura 1. Resultados de la evaluación heurística de forma individual y colectiva por cada heurística

En la Figura 2 se muestran los valores promedio obtenidos de los tres evaluadores expertos para cada una de las heurísticas.

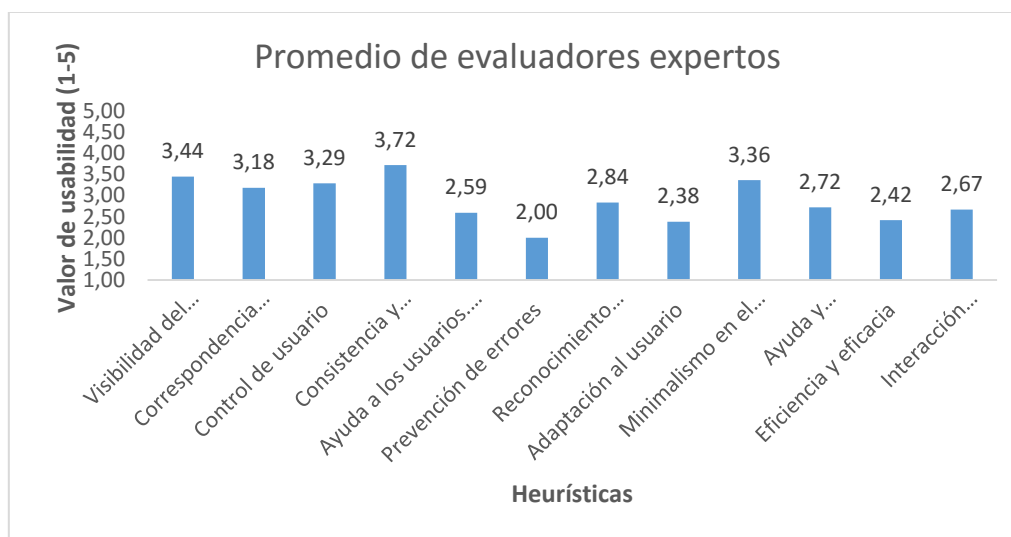


Figura 2. Valores promedio de los evaluadores expertos en la evaluación heurística

El grupo de investigación ha decidido utilizar el siguiente criterio de nivel de usabilidad para las medidas de la evaluación heurística, donde los valores se encuentran comprendidos entre 1 y 5: se considera usabilidad aceptable si el valor medio para la heurística es igual o superior a 3,5; si el valor es inferior a 3,5 y si es igual o superior a 2,5, se considera usabilidad marginal; y en el caso de que sea inferior a 2,5 se considera usabilidad no aceptable.

En la Figura 2 se observa como sólo la heurística consistencia y estándares posee una usabilidad aceptable según el criterio adoptado y tres de las doce heurísticas (prevención de errores, adaptación al usuario y eficiencia y eficacia) tienen un valor promedio inferior a 2,5 que implica usabilidad no aceptable. Debido a ello podemos considerar

que la aplicación tiene diferentes problemas en la usabilidad, tratándose estos problemas en el apartado 3.3. Sin embargo y aún siendo representativos, los valores mostrados en la Figura 2 corresponden a la media de una serie de listas de elementos de comprobación (subheurísticas) por cada heurística, lo que hace que para el estudio de problemas se hayan encontrados más en las heurísticas peor valoradas pero eso no implica que en otras heurísticas con mayores valores promedio no existan, pues también se han encontrado algunos problemas significativos.

Los resultados obtenidos nos han permitido determinar el nivel de usabilidad para cada una de las heurísticas y nos han ayudado a encontrar aquellos problemas más graves en el manejo de la aplicación por parte del usuario. Para determinar la importancia de los problemas se ha utilizado una escala con los valores: baja, media, alta y crítica. Los problemas mostrados en el siguiente apartado y en el Anexo E corresponden a los considerados más importantes y significativos con importancia media, alta y crítica.

3.3. Problemas y Mejoras de Usabilidad de la Herramienta INTEGRANOVA

Una vez obtenidos y analizados los resultados junto con los informes de los evaluadores expertos, se han integrado y seleccionado aquellos problemas y mejoras más importantes y significativas junto con las posibles recomendaciones para mejorar la usabilidad de INTEGRANOVA.

En la Tabla 2 se listan los problemas seleccionados según la clasificación a la que pertenecen, definida por el autor de este TFG y su importancia. En el Anexo F se muestran los restantes problemas y las mejoras correspondientes.

| Clasificación | Problema | Importancia |
|--------------------------------|---|-------------|
| Prevención y manejo de errores | 1. Falta de claridad en los mensajes de error | Alta |
| | 2. Falta una opción de “rehacer” y “deshacer” | Alta |
| Consistencia y estética | 3. Iconos no representativos de su funcionalidad | Alta |
| | 4. Algunas funciones no deberían estar en la barra de herramientas | Media |
| Interacción con la aplicación | 5. Orientación insuficiente para el usuario inexperto | Alta |
| | 6. Elementos confusos para un usuario principiante | Alta |
| | 7. Personalización y uso experto en la aplicación | Alta |
| | 8. Los elementos de los cuadros de diálogo no están correctamente agrupados | Crítica |
| Funcional general | 9. Los cuadros de diálogos no permiten acceder a cuadros de diálogo situados por debajo | Crítica |
| | 10. La ayuda no siempre funciona como es esperado o presenta la información adecuada | Alta |

Tabla 2. Problemas identificados en INTEGRANOVA según la clasificación e importancia

| Clasificación | Problema | Importancia |
|---------------|---|-------------|
| Modelo Objeto | 11. El cambio de pestañas en las propiedades de una clase borra la información no guardada | Crítica |
| | 12. No se pueden mostrar las relaciones de agente si no se ven los servicios antes, lo cual no está señalado con ningún mensaje informativo | Media |

Tabla 2. Problemas identificados en INTEGRANOVA según la clasificación e importancia (Continuación)

A continuación, se exponen los problemas de importancia alta de la clase prevención y manejo de errores y las mejoras propuestas.

Prevención y manejo de errores

1. Falta de claridad en los mensajes de error

Importancia:

Alta.

Explicación:

Los mensajes de error no son claros y directos provocando confusión en el usuario al no entender el problema que sucede. Simplemente se muestra el problema, sin indicar dónde se encuentra exactamente el problema o alguna forma de corregirlo. No obstante, sería muy conveniente situar el cursor en el lugar donde se ha producido el error para tratar de solucionarlo lo antes posible.

También, es una buena práctica reducir los mensajes y no mostrar una nueva ventana a no ser que sea un error muy grave o crítico, en cuyo caso sí estaría bien un sonido asociado pero no se debe tener un sonido en cada mensaje de error.

Ejemplo:

Si al crear una nueva clase, se escribe como nombre “new.class 1”, INTEGRANOVA nos muestra el mensaje de error “Class name not allowed” pero no especifica cómo sería correcto o cuál es el fallo que se comete (Figura 3).

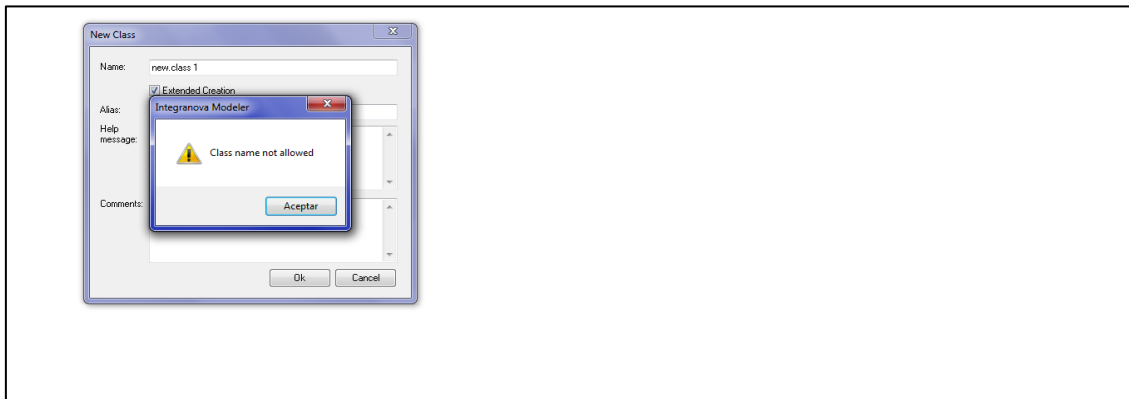


Figura 3. Mensaje de error por la sintaxis en el nombre de una clase

Sería más cómodo y adecuado indicar los caracteres válidos o mostrar un posible ejemplo para evitar que se produzca el error y así no mostrar el mensaje de error.

Otro ejemplo de la falta de claridad en los mensajes de error ocurre al introducir una restricción. Si se introduce “numero_unidades > 0”, se muestra un mensaje de error que indica: “Constraint message: Syntax Error 26: [1] Expected: valid formula” (Figura 4).

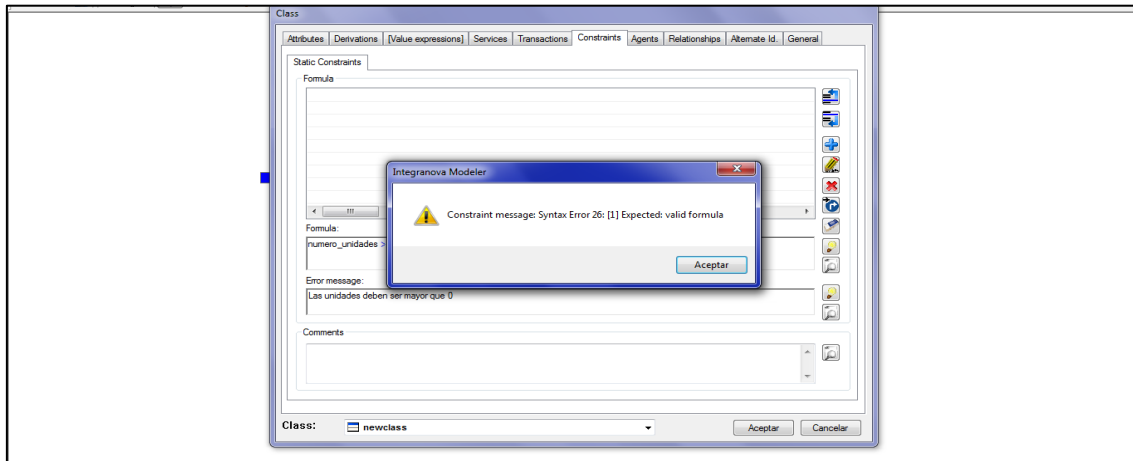


Figura 4. Mensaje de error por fórmula incorrecta de una condición

Cuando se escribe la fórmula siguiendo la ayuda proporcionada por la aplicación siempre sale una ventana de error indicando un problema con el mensaje o con la fórmula que no se sabe cómo resolver. Al no situar el cursor sobre el error no se tiene certeza de dónde está el error y tampoco se muestra ninguna ayuda. Además, la ventana de error tapa el campo de fórmula, impidiendo ver el posible error.

Por último, el sonido no es necesario en la mayoría de los errores, a no ser que fuera un error crítico, que no es el caso en esta aplicación.

Heurísticas que viola:

Prevención de errores.

Ayuda a los usuarios. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores.

Interacción agradable del usuario.

Recomendación:

Ampliar la información mostrada en los mensajes de error con las siguientes recomendaciones:

- Detallar el error exacto si fuera posible, especialmente en errores ortográficos que son fácilmente identificables.
- Mostrar el lugar donde se ha producido el error lo más preciso posible. El cursor deberá situarse en el punto exacto donde ha ocurrido el error tras pulsar aceptar.
- Mostrar algún tipo de información donde pueda acceder el usuario para encontrar más detalle sobre el error, en este caso la ayuda.
- Prevenir los errores informando al usuario lo que puede introducir en cada campo.
- Detección automática de errores según se escribe para alguno de los campos y mostrar en verde si se encuentra correctamente para no tener que validarlo.

2. Falta una opción de “rehacer” y “deshacer”

Importancia:

Alta.

Explicación:

Durante el uso de los programas por sencillos que sean, los usuarios cometen errores. Además, los usuarios a la hora de aprender a usar un sistema nuevo utilizan el método de prueba y error por lo que no se debería tratar de oponerse a ello. Para tal fin están las opciones de “deshacer” y “rehacer”, permitiendo el poder equivocarse y retroceder o avanzar. La parte evaluada correspondiente al modelado de objetos no permite ninguna de estas opciones.

Ejemplo:

Si durante la realización del diagrama de clases creamos varias clases con sus atributos y métodos y borramos alguna de ellas, no se podría recuperar y habría que crearla de nuevo con cada uno de los atributos y métodos, con la correspondiente pérdida de tiempo. Además, si el usuario establece relaciones entre las clases del diagrama y por diferentes motivos las relaciones tendrían que ser distintas, no podrá retroceder sino que deberá eliminar una a una, con la posibilidad de algún fallo.

Heurísticas que viola:

Prevención de errores.

Control de usuario.

Recomendación:

- Implementación de las opciones “deshacer” y “rehacer”.
- Mostrar una lista de las acciones realizadas, las cuales podrán ser desechadas o rehechas según la opción que se elija, facilitando visualmente al usuario lo que se realiza.

CAPÍTULO 4. OBSERVACIÓN DIRECTA

El estudio empírico para la evaluación de la usabilidad de la herramienta INTEGRANOVA se llevó a cabo siguiendo el marco definido por (Condori-Fernández et al., 2013), que utiliza las propuestas de la comunidad empírica de la IS (Wohlin et al., 2012). Este marco se compone de: un modelo de evaluación de usabilidad, un método de agregación y un proceso experimental.

El modelo de evaluación de usabilidad utilizado mide la usabilidad mediante tres atributos: eficiencia, eficacia y satisfacción, basado en el estándar ISO 9241-11 (ISO 9241-11, 1998), y el proceso experimental para evaluar la usabilidad de la herramienta de MDD INTEGRANOVA se realiza a nivel de elaboración del modelo de objetos. El método de agregación realizado para evaluar la eficacia óptima se detalla en el apartado 4.4.

En primer lugar, se describe la aplicación de la técnica de observación directa. En segundo lugar, se detalla el experimento realizado, describiendo el diseño experimental, los objetivos de investigación, las variables estudiadas, las hipótesis y preguntas de investigación, la selección de sujetos y los instrumentos de medición así como también el procedimiento del experimento realizado y las amenazas a la validez. Este estudio sigue las guías para registrar investigaciones empíricas en la IS (Jedlitschka et al., 2008). Por último, se describe el análisis de datos realizado.

4.1. Aplicación de la Técnica de Observación Directa

Para la evaluación de INTEGRANOVA se utilizó la técnica de evaluación de usabilidad para estudios de seguimiento de sistemas instalados (Ferré, 2005): observación directa, de 16 sujetos mientras estos realizaban 18 tareas de modelado (ver Anexo B) en el mismo orden, y se grabó cada sesión con una duración media entre 60 y 90 minutos para un análisis retrospectivo.

En la observación directa, usuarios individuales pueden ser observados directamente realizando tareas especialmente preparadas, con el observador anotando su comportamiento o registrando su rendimiento de alguna forma, como por ejemplo tomando el tiempo empleado en ciertas secuencias de anotaciones. Como alternativa a la observación directa, se utiliza la grabación en vídeo porque provee con un registro permanente al cual se puede volver cuantas veces sea necesario. El análisis de datos de vídeo puede resultar una tarea costosa en tiempo. Se cita a menudo un ratio de 5:1, esto es una hora de vídeo puede requerir cinco horas, un día o incluso más para ser analizada (Preece et al., 1994).

En este trabajo durante la realización de la sesión experimental el observador, en este caso el autor del trabajo, apuntaba comentarios de las opiniones de los usuarios así como de los problemas surgidos. Estos problemas identificados para cada tarea se pueden encontrar en el Anexo G. Además y como complemento, se ha realizado la

grabación en vídeo de cada sujeto, lo que ha permitido examinar al sujeto de cara a calcular el tiempo tomado para cada actividad y tarea, así como establecer la dificultad experimentada según la complejidad de las tareas para determinar su realización óptima.

4.2. Diseño Experimental

En este trabajo se ha realizado un diseño de un modelo lineal general de medidas repetidas de inter-sujetos e intra-sujetos, en el que los sujetos se dividen en dos grupos (ver apartado 4.6): expertos o novatos. Ello corresponde al factor inter, es decir, la experticia del sujeto, mientras que el factor intra corresponde al nivel de dificultad de la tarea (fácil, media y difícil). Para la realización del análisis estadístico se ha utilizado el programa IBM SPSS Statistics Base (SPSS Statistics Base), que es uno de los programas estadísticos más conocidos y presenta las funciones principales necesarias para realizar el proceso analítico de principio a fin.

Como se puede apreciar en la Figura 5, el diseño tiene dos factores: los sujetos y las tareas. Los sujetos tienen dos niveles: expertos y novatos y las tareas poseen tres niveles de complejidad: fácil, medio y difícil.

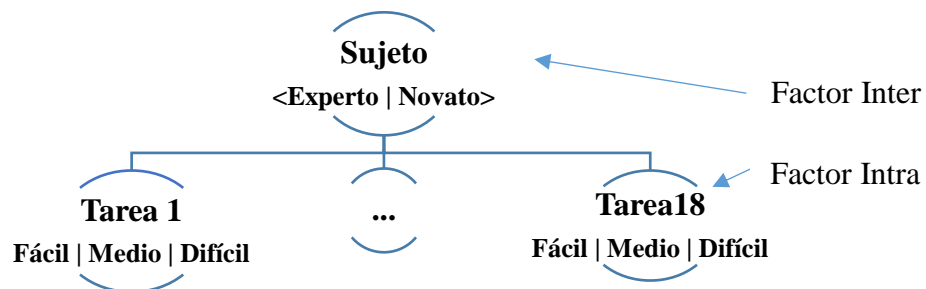


Figura 5. Factores del diseño del experimento

4.3. Objetivos de Investigación

El objetivo de nuestra evaluación empírica es analizar la usabilidad del editor del modelo de objetos de la herramienta INTEGRANOVA con respecto a los atributos de usabilidad de: eficacia, eficiencia y satisfacción global. Esta evaluación se llevó a cabo desde el punto de vista del desarrollador de software, en el contexto del desarrollo de software OO y considerando diferentes niveles de experiencia con herramientas de MDD.

Este objetivo se descompone en los siguientes sub-objetivos de investigación planteados en forma de preguntas:

- O₁: ¿La eficiencia de los usuarios es la misma para las tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, independientemente de su experiencia en el uso de herramientas de MDD?

- O₂: ¿La eficacia de los usuarios es la misma para las tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, independientemente de su experiencia en el uso de herramientas de MDD?
- O₃: ¿La satisfacción global de los usuarios es la misma para las tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, independientemente de su experiencia en el uso de herramientas de MDD?

4.4. Variables Estudiadas

A continuación se detallan las variables estudiadas. Como variable dependiente o variable respuesta se trata la eficiencia, para la que se medirán dos aspectos (Tullis & Stetson, 2004):

- **Eficiencia:** Tiempo medido en segundos que un sujeto necesita para completar la tarea, es decir la eficiencia como medida de la rapidez.
- **Eficiencia relativa:** Porcentaje de completitud de las tareas realizadas en relación con el tiempo empleado en dicha tarea.

Las variables independientes son para nuestro modelo de evaluación de la usabilidad: el nivel de complejidad de las tareas, que consiste de tres niveles (fácil, medio y difícil) definidos por un experto en el modelado OO; y el nivel de experticia en el uso de herramientas de MDD (novatos y expertos).

Otras variables que han sido consideradas en el estudio son las siguientes:

- **Eficacia:** Porcentaje de completitud alcanzado en cada tarea teniendo en cuenta dos aspectos:
 - **Eficacia:** Porcentaje de tareas correctas realizadas.
 - **Eficacia óptima:** Porcentaje de tareas correctas realizadas de manera óptima; a continuación se va a definir el método de agregación utilizado para esta medida.
- **Satisfacción Global:** Grado en el que el usuario se encuentra cómodo durante el uso de la herramienta. En este trabajo, se mide la satisfacción global de los usuarios mediante el cuestionario de satisfacción SUS (System Usability Scale) (Brooke, 1996).

Para medir el porcentaje de tareas correctas realizadas de manera óptima (eficacia óptima) se ha asignado un nivel de dificultad a cada paso en el que se descompone cada actividad, y que conforma a su vez cada tarea, el cual se expresa con valores ordinales: nulo (0), bajo (1), medio (2) y alto (3). De acuerdo a estos valores, se consideró un paso óptimo si fue realizado sin ninguna dificultad (nulo). Para determinar este valor óptimo en las actividades y en las tareas, se requiere un método de agregación con el que agregar valores ordinales a cada uno de los pasos. Este método se compone de dos fases como se muestra en la Figura 6.

La primera agregación consiste en dividir los pasos realizados por los sujetos con igual nivel de dificultad por el número total de pasos de cada actividad. Por ejemplo, en la Figura 6, el número de pasos de nivel de dificultad bajo (1) para realizar la actividad 1

de la tarea 1 (A1.1) es 3 y el número total de pasos de dicha actividad es 4, la relación para este caso es $\frac{3}{4}$ y para el nivel nulo (0) es $\frac{1}{4}$.

La segunda agregación consiste en dividir la suma de las proporciones obtenidas para cada nivel de dificultad por el número de actividades implicadas en cada tarea. Por ejemplo, la cuarta fila de la tabla que se muestra en la Figura 6 corresponde a la suma de los coeficientes para el nivel nulo (0) dividido por el número de actividades de la tarea 1 (dos actividades). Por último, la quinta fila representa el porcentaje de las actividades realizadas según el nivel de dificultad correspondiente.

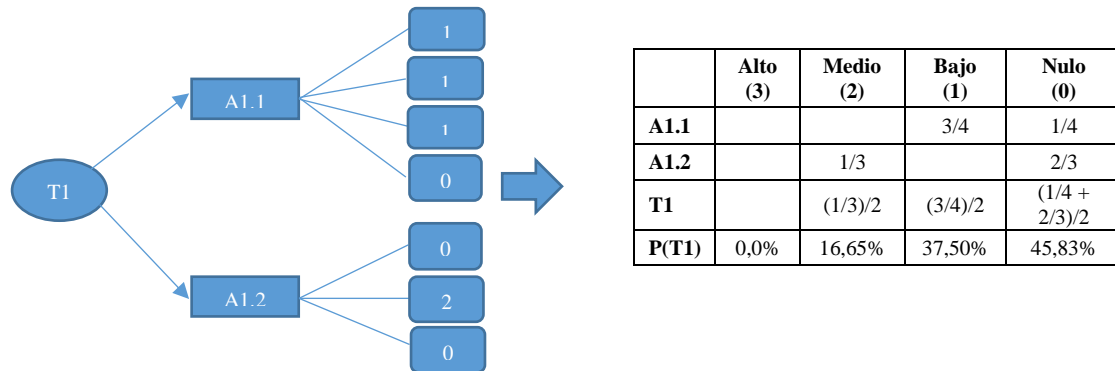


Figura 6. Agregación de valores ordinales: Un ejemplo

4.5. Hipótesis y Preguntas de Investigación

Las hipótesis nulas derivadas del primer objetivo de investigación son:

- H10: Al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, la eficiencia es la misma independientemente del nivel de experiencia de los usuarios. Como tenemos dos medidas de eficiencia, podemos dividir H10 en dos hipótesis diferentes:
 - H1A0: Al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, el tiempo para completar una tarea es el mismo independientemente del nivel de experiencia de los usuarios.
 - H1B0: Al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, la eficiencia relativa es la misma independientemente del nivel de experiencia de los usuarios.

También, pretendemos responder a las siguientes preguntas de investigación:

- P20: Al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, la eficacia es la misma independientemente del nivel de experiencia de los usuarios. Como tenemos dos medidas de eficacia, podemos dividir P20 en dos preguntas diferentes:
 - P2A0: Al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, el porcentaje de completitud es el mismo independientemente del nivel de experiencia de los usuarios.
 - P2B0: Al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, el porcentaje de soluciones óptimas es el mismo independientemente del nivel de experiencia de los usuarios.

- P30: Al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, la satisfacción global es la misma independientemente del nivel de experiencia de los usuarios.

4.6. Selección de Sujetos

Para la selección de participantes en la evaluación de la usabilidad de la herramienta INTEGRANOVA se ha utilizado un método de muestreo de conveniencia. Teniendo en cuenta el nivel de experiencia de los sujetos con herramientas de MDD, se han definido dos grupos:

- **Expertos:** Personas que saben trabajar con diagramas de clases UML y poseen una gran habilidad en la realización de estos diagramas y han trabajado con herramientas de MDD (pero no con INTEGRANOVA).
- **Novatos:** Personas que realizan diagramas de clases UML pero no poseen altos conocimientos en su elaboración y no han utilizado herramientas de MDD.

La importancia a la hora de obtener resultados comparables ha hecho que ambos grupos estén balanceados. Así se seleccionaron ocho usuarios para cada uno de los grupos. Las aptitudes de modelado no fueron manipuladas como variable de control, pero en el proceso de selección sí se considera que todos los participantes tengan un mínimo conocimiento de modelado.

Para comprobar los resultados de la definición de los dos grupos, se entregó un cuestionario pre-test o cuestionario de familiaridad (Anexo A) para ser rellenado por cada sujeto. Mediante un análisis se han obtenido evidencias de los conocimientos y de la experiencia en el uso de herramientas de modelado entre expertos y novatos. Los primeros obtuvieron una media de 4,4 en una escala Likert de 1 a 5, mientras que los novatos obtuvieron una media de 3. Los expertos se corresponden con profesores de la EPS de las asignaturas de Proyecto de Análisis y Diseño de Software y de Análisis y Diseño de Software, estudiantes avanzados del Máster Universitario en Investigación e Innovación en TIC (i2-TIC) y estudiantes de doctorado, expertos en el modelado de diagramas UML. Los novatos se corresponden con estudiantes del Grado en Ingeniería Informática que realizan diagramas de clase UML y que superaron las asignaturas de Proyecto de Análisis y Diseño de Software y de Análisis y Diseño de Software.

4.7. Instrumentos de Medición

En este experimento se utilizan los siguientes instrumentos:

- Herramienta para registrar al usuario: Utilizamos Action! (Mirillis Action!, 2015) para determinar el tiempo utilizado por el usuario e identificar la completitud de cada tarea.
- Diferentes documentos con el objetivo de dar soporte al desarrollo del experimento:
 - Una lista de tareas: se le pidió a cada sujeto llevar a cabo 18 tareas (clasificadas en fácil, medio y difícil) relacionadas con la creación y

manipulación de objetos. Las tareas se enumeran en la Tabla 3 y sus descripciones completas se encuentran en el Anexo C.

| Número de tarea | Tarea | Nivel de complejidad estimado |
|-----------------|---|-------------------------------|
| 1 | Crear una clase | Fácil |
| 2 | Crear un atributo variable y otro constante | Fácil |
| 3 | Crear un atributo derivado | Fácil |
| 4 | Definir la condición y el efecto de una derivación | Medio |
| 5 | Crear un servicio en una clase que ya tiene los servicios de creación, edición y destrucción que aparecen por defecto | Fácil |
| 6 | Crear una clase para crear su relación de asociación con otra clase ya creada | Fácil |
| 7 | Crear una clase y su relación de herencia con una clase ya existente | Medio |
| 8 | Establecer los métodos de creación/destrucción para una clase hijo ya creada | Difícil |
| 9 | Creación de un atributo de entrada/salida para un método | Medio |
| 10 | Añadir una restricción de integridad a una clase | Medio |
| 11 | Editar una relación creada anteriormente | Medio |
| 12 | Crear un perfil de usuario de administrador del sistema | Medio |
| 13 | Crear un perfil de usuario con acceso limitado | Medio |
| 14 | Editar el nombre, texto de ayuda y comentario de una clase ya existente | Fácil |
| 15 | Visualizar las relaciones de agente en el esquema conceptual de objetos | Fácil |
| 16 | Definir una precondition para un servicio ya existente | Medio |
| 17 | Crear una relación dinámica | Medio |
| 18 | Crear una transacción | Difícil |

Tabla 3. Lista de tareas

- Un fichero Excel: en el que se definen cada una de las tareas con sus respectivas actividades en el orden más óptimo para poder evaluar éstas según la dificultad que haya tenido el sujeto durante su realización (Anexo E).
- Un cuestionario pre-test o cuestionario de familiaridad: cada sujeto respondió una lista de preguntas para confirmar nuestra clasificación previa en uno de los dos grupos de participantes (Anexo A).
- Un cuestionario SUS: posterior a la realización de las tareas, cada sujeto rellenó un cuestionario de 10 preguntas enfocadas a la satisfacción del usuario con respuestas en una escala Likert de 0 a 4 (totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, de acuerdo, totalmente de acuerdo) (Anexo G).

4.8. Procedimiento del Experimento

La Figura 7 muestra un resumen del procedimiento de evaluación de la usabilidad de la herramienta de MDD. En primer lugar, el sujeto rellenó un cuestionario pre-test para así poder confirmar su asignación a uno de los grupos de sujetos establecidos previamente. En segundo lugar, el sujeto intentó realizar las 18 tareas con INTEGRANOVA mientras estaba siendo evaluado. Finalmente, cada sujeto realizó un cuestionario SUS. Nótese que las tareas entregadas al sujeto ya habían sido anteriormente divididas según la

dificultad (fácil, medio y difícil). Toda la información correspondiente a cada sujeto fue almacenada en una base de datos para después ser procesada.



Figura 7. Procedimiento del experimento

4.9. Amenazas a la Validez

En este apartado se van a tratar tres tipos de validez del experimento diferentes según (Wohlin et al., 2012): validez interna, validez externa y validez de conclusión.

La validez interna se manifiesta en la supervisión del proceso del experimento para establecer las relaciones de asociación entre las variables estudiadas. Mientras que la validez externa está relacionada con el establecimiento de las condiciones que permiten la generalización de los resultados al ámbito natural en el que aparecen los procesos investigados (Acuña et al., 2008).

Validez interna: La evaluación realizada tuvo la amenaza llamada ‘maduración’, es decir, el efecto de las diferentes reacciones de los usuarios a medida que pasa el tiempo. Sin embargo, se optó porque cada usuario tomara el tiempo necesario para no influenciar en las medidas de eficiencia lo que pudo llevar a que en las últimas tareas estuvieran cansados. Otra de las amenazas internas resultaron ser los instrumentos, a pesar de entregar las mismas tareas y cuestionarios a todos los sujetos, una interpretación errónea o diferente puede afectar a los resultados. No obstante, esta amenaza fue minimizada por el investigador, que trató de dar una explicación para un mayor entendimiento de las tareas. También, otra amenaza a la validez puede ser el orden de realización de las tareas, pero ese orden fue idéntico para todos los sujetos y se tuvo en cuenta el sobre aprendizaje en el cálculo de la eficiencia óptima.

Validez externa: Los sujetos de la evaluación podrían no ser representativos de la población que queremos generalizar. Sin embargo, para disminuir lo máximo posible esta amenaza, los sujetos fueron elegidos de forma aleatoria dentro de los grupos establecidos, siendo todos los sujetos de la EPS-UAM y teniendo en cuenta sus estudios y trabajos.

Validez de conclusión: Se refiere a las cuestiones que afectan al extraer las conclusiones de una evaluación. En la evaluación realizada existía la amenaza llamada ‘heterogeneidad aleatoria de los sujetos’, que aparece cuando dentro de un grupo de usuarios, alguno de ellos tiene más experiencia que otros en el desarrollo de sistemas software. Esta amenaza se minimizó con un cuestionario pre-test previo a la realización de las tareas, con el que se obtienen los conocimientos de los sujetos.

4.10. Análisis de Datos

Para analizar los datos recolectados se han utilizado las siguientes técnicas estadísticas:

- Análisis descriptivo para las medidas de eficacia y eficiencia según el nivel de los sujetos (experto o novato) y también según la dificultad de las tareas (fácil, media y difícil) teniendo en cuenta el nivel del sujeto. Este análisis explora los datos y permite obtener las características de los tipos de sujeto y de tarea.
- Análisis comparativo según el porcentaje de completitud clasificado por el nivel de los sujetos, según la eficacia óptima y según la eficiencia relativa (porcentaje de completitud dividido por el tiempo tomado por tarea) también clasificado por el nivel de los sujetos. Además, se compara la satisfacción global para ambos tipos de sujetos, expertos y novatos.
- Análisis de varianza (ANOVA) para comparar si los valores de eficiencia y de eficiencia relativa de los expertos son significativamente distintos a los de los novatos en la realización de las tareas fáciles, medias y difíciles.

4.11. Análisis Descriptivo

Inicialmente, se realiza un análisis básico descriptivo para entender los datos recogidos. En él, los estadísticos descriptivos a calcular son: mínimo, máximo, media, mediana, rango intercuartílico, cuartiles, desviación típica, varianza, coeficiente de Skewness y coeficiente de Curtosis. Además, se realizarán gráficos de caja para interpretar los datos como complemento al análisis descriptivo.

El análisis descriptivo lleva a cabo, para cada tipo de sujeto y según el tipo de tarea y sujeto, comparando los resultados de eficacia, eficiencia y eficiencia relativa.

En la Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6 se muestran los estadísticos descriptivos calculados para los dos tipos de sujetos establecidos (expertos y novatos) en el caso de la eficacia (% de completitud de las tareas), eficiencia relativa (% de completitud de las tareas / tiempo) y eficiencia (tiempo), respectivamente. Además, para interpretar los datos y completar el análisis de los estadísticos descriptivos en la Figura 8, Figura 9 y Figura 10 se muestran los diagramas de caja para cada tipo de sujeto en el caso de la eficacia, eficiencia relativa y eficiencia, respectivamente.

En la Tabla 4 los valores máximos y mínimos son iguales para los dos tipos de sujetos, mientras que la media es superior para los sujetos expertos frente a los novatos. Destacar que todos los cuartiles de los expertos son iguales, coincidiendo además para ambos sujetos los cuartiles segundo, tercero y cuarto. La desviación típica para los expertos es inferior a la de los novatos y los valores de asimetría en ambos sujetos son negativos (en el caso de los sujetos expertos es claramente inferior), lo cual indica que la distribución de los valores se encuentra en mayor medida por encima de la media, existiendo más valores en los expertos. En cuanto a la Curtosis, la muestra para los expertos es leptocúrtica, mientras que para los novatos es platicúrtica.

| Tipo Sujeto | Mínimo | Máximo | Media (%) | Mediana | IQR | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Desviación Típica | Varianza | Skewness | Curtosis |
|-------------|--------|--------|-----------|---------|------|------|-----|-----|-----|-------------------|----------|----------|----------|
| Experto | 0 | 100 | 87.91 | 100 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 26.99 | 728.49 | -2,17 | 3.63 |
| Novato | 0 | 100 | 71.04 | 100 | 62.5 | 37.5 | 100 | 100 | 100 | 38.44 | 147.79 | -0.81 | -0.99 |

Tabla 4. Estadísticos descriptivos para Expertos y Novatos en el estudio de Eficacia

En el análisis de la eficacia, Figura 8, se observa como para los sujetos expertos todos los cuartiles coinciden, lo que explica la línea existente en el valor 100 donde no existen bigotes superiores ni inferiores. Para los novatos es significativo que tanto la mediana (segundo cuartil) como el tercer cuartil y el máximo (cuarto cuartil) son iguales, existiendo un bigote inferior largo. Además, existen ocho valores atípicos de los 144 valores de la muestra de eficacia por cada tipo de sujeto, todos ellos pertenecientes al grupo de los expertos.

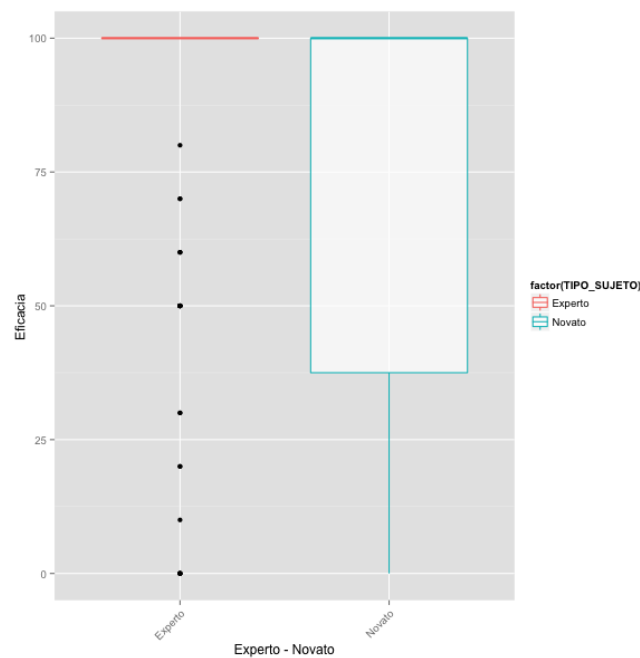


Figura 8. Diagrama de cajas para la Eficacia en Expertos y Novatos

Como se muestra en la Tabla 5 el valor mínimo para ambos sujetos es igual. Sin embargo, en el caso de los expertos los valores son superiores para las variables: máximo, media, mediana, rango intercuartílico, cuartiles, desviación típica, varianza, coeficiente de asimetría y coeficiente de Curtosis (en ambos casos positivos). Destacar que el valor máximo de los expertos es casi tres veces superior al de los novatos y que la media es notablemente superior para los expertos. También, se observa el elevado valor de Curtosis para los expertos siendo leptocúrtica, en ambos tipos de sujetos.

| Tipo Sujeto | Mínimo | Máximo | Media (%) | Mediana | IQR | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Desviación Típica | Varianza | Skewness | Curtosis |
|-------------|--------|--------|-----------|---------|------|------|------|------|-------|-------------------|----------|----------|----------|
| Experto | 0 | 11.11 | 1.48 | 0.89 | 1.36 | 0.42 | 0.89 | 1.78 | 11.11 | 1.69 | 2.86 | 2.47 | 8.47 |
| Novato | 0 | 3.846 | 0.87 | 0.57 | 0.99 | 0.16 | 0.57 | 1.15 | 3.84 | 0.98 | 0.97 | 1.56 | 1.74 |

Tabla 5. Estadísticos descriptivos para Expertos y Novatos en el estudio de Eficiencia Relativa

En el estudio de la eficiencia relativa, Figura 9, se observa un comportamiento similar para expertos y novatos, siendo los valores superiores para los expertos. El tercer cuartil de los expertos es superior con respecto al de los novatos. Además, destaca el bigote superior que es más alto para los expertos. Sin embargo, lo más representativo es que en el caso de los novatos la muestra es simétrica respecto al primer y tercer cuartil, estando los datos igualmente distribuidos en esa zona. En cuanto al número de *outliers* de la muestra utilizada (144 valores por sujeto) es similar en ambos casos: para los expertos hay diez valores atípicos y para los novatos hay nueve. Sin embargo, para los primeros están más dispersos que para los segundos.

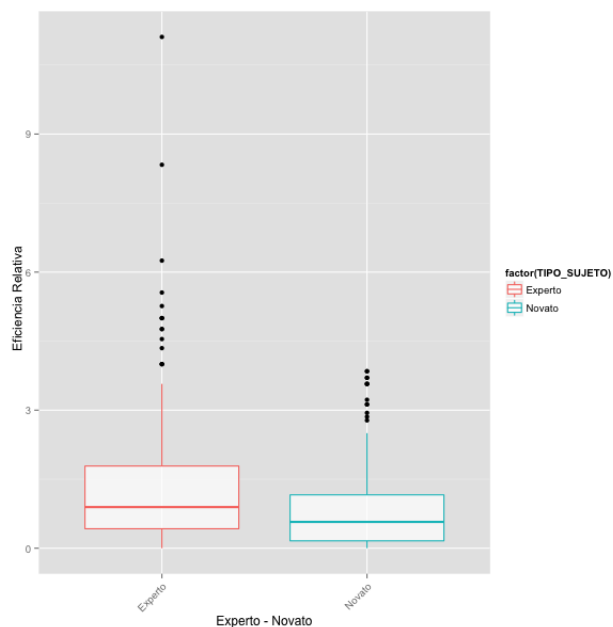


Figura 9. Diagrama de cajas para la Eficiencia Relativa en Expertos y Novatos

En la Tabla 6, el mínimo y el máximo de eficiencia son superiores en el caso de los expertos. Sin embargo, los valores para media, mediana, rango intercuartílico, primer y tercer cuartil, desviación típica y varianza son inferiores para los expertos. Destacar que la media de los expertos es notablemente inferior, que los coeficientes de asimetría para ambos sujetos son valores positivos al igual que en la Curtosis que es leptocúrtica en los dos sujetos y toma valores mucho mayores en el caso de los expertos.

| Tipo Sujeto | Mínimo | Máximo | Media (%) | Mediana | IQR | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Desviación Típica | Varianza | Skewness | Curtosis |
|-------------|--------|--------|-----------|---------|--------|-------|-------|--------|-----|-------------------|----------|----------|----------|
| Experto | 9 | 815 | 140.86 | 105.5 | 136.25 | 55.5 | 105.5 | 191.75 | 815 | 125.3 | 15711 | 2.05 | 6.33 |
| Novato | 0 | 678 | 186.75 | 148 | 194 | 67.75 | 148 | 261.75 | 678 | 152.1 | 233147 | 1.28 | 1.21 |

Tabla 6. Estadísticos descriptivos para Expertos y Novatos en el estudio de Eficiencia

En el diagrama de caja de la eficiencia, Figura 10, se observa como el primer cuartil es similar para ambas muestras pero la mediana y tercer cuartil es superior en los novatos. Es significativa la diferencia de los bigotes superior e inferior entre ambas muestras, siendo más largos en la muestra de novatos, sobre todo, el superior. Además, existen trece valores atípicos de los 144 valores de la muestra de eficiencia por cada tipo de sujeto, cinco en la muestra de expertos y ocho en la de novatos.

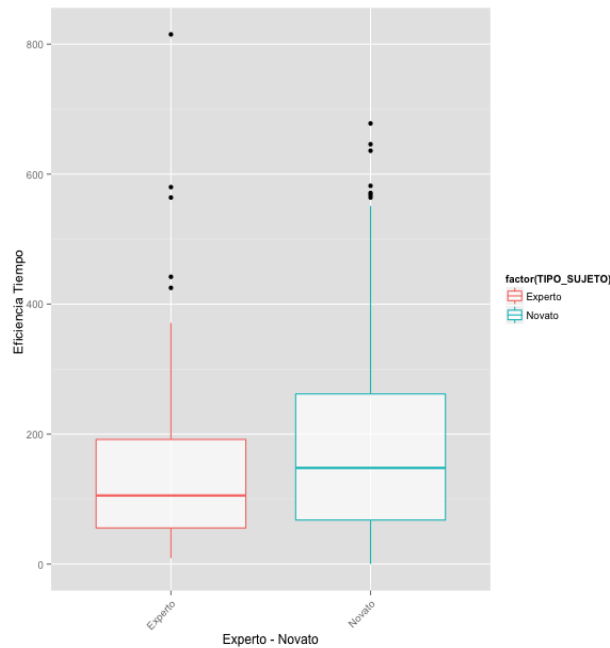


Figura 10. Diagrama de cajas para la Eficiencia en Expertos y Novatos

4.12. Análisis Comparativo

En la Figura 11 se muestra la comparativa del porcentaje de completitud según el tipo de tarea (fácil, media o difícil) por tipo de sujeto y en la Figura 12 se representa la eficiencia relativa según el tipo de tarea y la experiencia del sujeto (experto y novato).

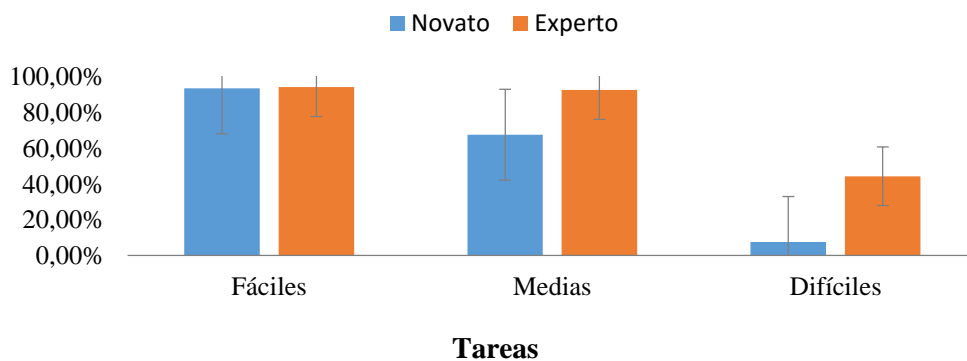


Figura 11. Comparativa de porcentaje de completitud de realización de la tarea (eficacia) por tipo de sujeto

En la Figura 11 las diferencias con respecto a la completitud de las tareas entre ambos tipos de sujeto se observan en las tareas medias y difíciles, en estas últimas las diferencias son más notables. Los expertos realizan cerca del 95% de las tareas tanto fáciles como medias, los novatos las tareas fáciles las realizan con un porcentaje muy similar pero en las tareas medias tienen mayor dificultad y no consiguen llegar al 70%. Con respecto a las tareas difíciles, los expertos consiguen un porcentaje de realización de tareas correctas próximo al 45% y los novatos no logran alcanzar el 10%.

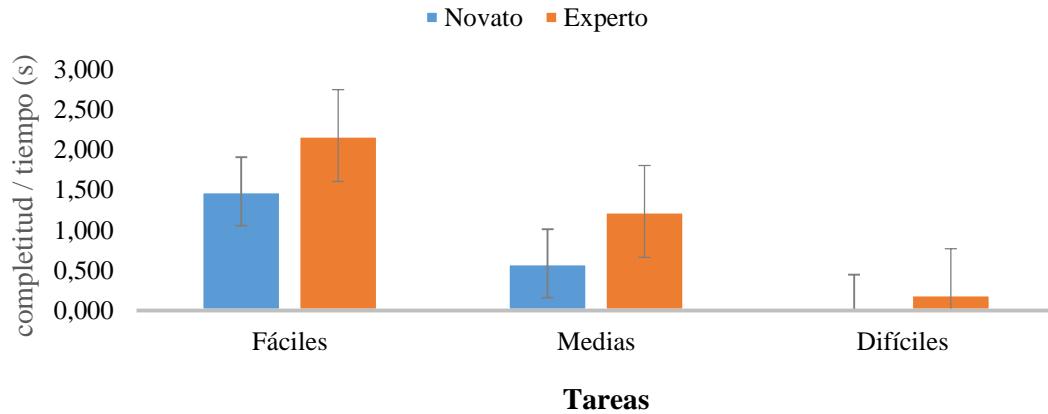


Figura 12. Comparativa de eficiencia relativa por tipo de sujeto

En la Figura 12 también existen diferencias entre ambos tipos de sujetos con respecto a la eficiencia relativa. En las tareas fáciles de la Figura 11, ambos grupos tenían un porcentaje similar. Sin embargo, la diferencia que se observa en la Figura 12 se debe al menor tiempo en la realización de dichas tareas por parte de los expertos, al igual que ocurre en las tareas medias. En las tareas difíciles, se encuentran diferencias pero son menores debido a que los expertos, aun teniendo mayor porcentaje de realización de tareas, necesitaron más tiempo para realizarlas que en las tareas medias y fáciles.

En la Figura 13 se muestran los resultados de eficacia óptima según la dificultad de las tareas y el tipo de sujeto. Indicar, que para la eficacia óptima sólo se tienen en cuenta aquellas tareas realizadas de forma totalmente correcta. Por un lado, para los novatos se aprecia la disminución de tareas realizadas sin dificultad (valor nulo) cuando éstas pasan de fáciles a medias con el correspondiente aumento de tareas realizadas con dificultad baja y media. Para las tareas difíciles, los novatos no consiguieron completar ninguna tarea de forma correcta. Por otro lado, para los expertos se aprecia la disminución de las tareas realizadas sin dificultad en los tres tipos de tarea. En las difíciles destaca el incremento de tareas realizadas con dificultad media y alta debido a la complejidad de la tarea y a la necesidad de realizar más pasos para encontrar la solución correcta. Por último, para ambos grupos y para todas las tareas se observa el escaso porcentaje de tareas realizadas con dificultad alta, esto se debe a que la mayoría de los sujetos que tuvieron dificultad alta no realizaron la tarea totalmente correcta y por tanto no se contabiliza en la eficacia óptima.

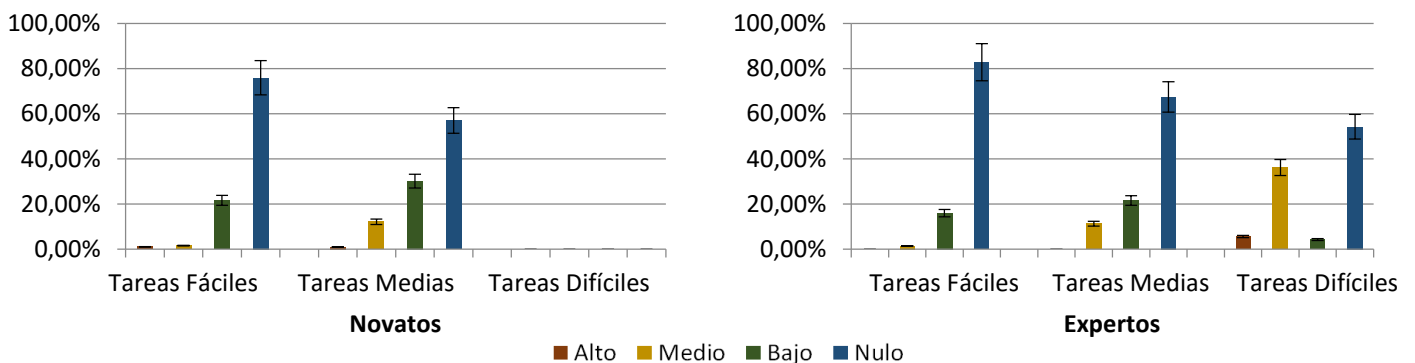


Figura 13. Comparativa de eficacia óptima por complejidad de la tarea y por tipo de sujeto

En la Figura 14, se muestran los resultados obtenidos de la variable satisfacción global. Para los sujetos expertos, el valor promedio total es de 34,38/100 siendo levemente superior al promedio total de los novatos 31,56/100. Según los resultados (ver Anexo G) tanto expertos como novatos muestran un apreciable descontento y rechazo al uso de INTEGRANOVA, ya que encontraron la aplicación innecesariamente compleja. Por tanto, puede afirmarse que la usabilidad de la aplicación INTEGRANOVA es marginal. Además, ambos consideran que la mayoría de las personas no aprenderían a usar la aplicación de forma muy rápida y creen que necesitarían la ayuda de una persona técnica para poder utilizar la aplicación. Destacar que los expertos, observaron mayor inconsistencia visual y funcional de la interfaz de INTEGRANOVA que los novatos.

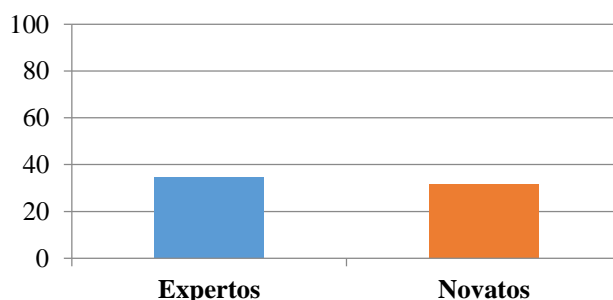


Figura 14. Comparativa de satisfacción global por tipo de sujeto

4.13. ANOVA

En este apartado se tratan los resultados de los test ANOVA realizados para la variable eficiencia después de analizar los estadísticos descriptivos y haber comprobado que las observaciones son independientes (los sujetos realizaron sus tareas de forma individual y sin contacto con el resto de los participantes), que todas las muestras deben tener igual varianza mediante el test de Levene y que las diferencias entre todos los pares posibles de los grupos son iguales mediante el test de esfericidad de Mauchly. Debido a la reducción de los datos medidos para el cálculo de la eficacia óptima (18,75% en los expertos y 39,59% en los novatos), y más concretamente para las tareas difíciles, donde se han perdido un 87,5% para los expertos y un 100% para los novatos no ha sido posible realizar un test ANOVA para esta variable.

El test ANOVA para la variable eficiencia relativa compara las medias tanto de inter como de intra sujetos y se llevó a cabo para comprobar las diferencias entre el tipo de tareas y entre el tipo de sujetos y encontrar si existe interacción entre ser de un grupo y un tipo de tarea. En la Tabla 7 la proporción de varianza (*Partial Eta Squared*) es de un 94,40% e indica que existe un efecto claro en la variación de los datos debido a la dificultad de la tarea (fácil, media y difícil). No obstante, un 31,7% de la variación de los datos es debido al tipo de sujeto. Existe mayor diferencia entre el tipo de tarea que de sujeto pero aún siendo menor, este porcentaje demuestra gran importancia entre ser novato o experto para la variable eficiencia relativa.

| Eficiencia relativa | | Type III Sum of Squares | df | Mean Sq | F Value | Sig | Partial Eta Squared |
|-----------------------|--------------------|-------------------------|----|---------|---------|-------|---------------------|
| Dificultad de tarea | Sphericity Assumed | 23,711 | 2 | 11,855 | 238,179 | 0,000 | 0,944 |
| Dificultad de tarea * | Sphericity Assumed | 0,648 | 2 | 0,324 | 6,512 | 0,005 | 0,317 |
| Tipo de sujeto | | | | | | | |

Tabla 7. Efectos de las pruebas de intra-sujetos para la variable eficiencia relativa

En la Tabla 8 se observa como la diferencia entre el tipo de tarea y también entre el tipo de sujeto es lineal y no cuadrática, un 97% y un 41,90% frente a un 5,50% y un 15,20%, respectivamente. También se puede observar este hecho en el gráfico de la Figura 15.

| Eficiencia relativa | | Type III Sum of Squares | df | Mean Sq | F Value | Sig | Partial Eta Squared |
|-----------------------|------------|-------------------------|----|---------|---------|-------|---------------------|
| Dificultad de tarea | Lineal | 23,672 | 1 | 23,672 | 450,885 | 0,000 | 0,97 |
| | Cuadrática | 0,038 | 1 | 0,038 | 0,812 | 0,383 | 0,055 |
| Dificultad de tarea * | Lineal | 0,530 | 1 | 0,53 | 10,1 | 0,007 | 0,419 |
| | Cuadrática | 0,118 | 1 | 0,118 | 2,51 | 0,135 | 0,152 |
| Tipo de sujeto | | | | | | | |

Tabla 8. Contraste de las pruebas de intra-sujetos para la variable eficiencia relativa

En la Figura 15 la diferencia entre sujetos expertos y novatos se mantiene en las tareas fáciles y medias, no ocurre lo mismo en las tareas difíciles donde los expertos empeoran e incluso los novatos obtienen un valor muy próximo a 0 (0,0192) debido al escaso porcentaje de completitud de tareas difíciles. Como consecuencia, la diferencia entre los tipos de sujetos se reduce en gran medida. No obstante, existe un número inferior de tareas difíciles frente a las fáciles y medias, concretamente dos, que implica menos valores obtenidos para su cálculo.

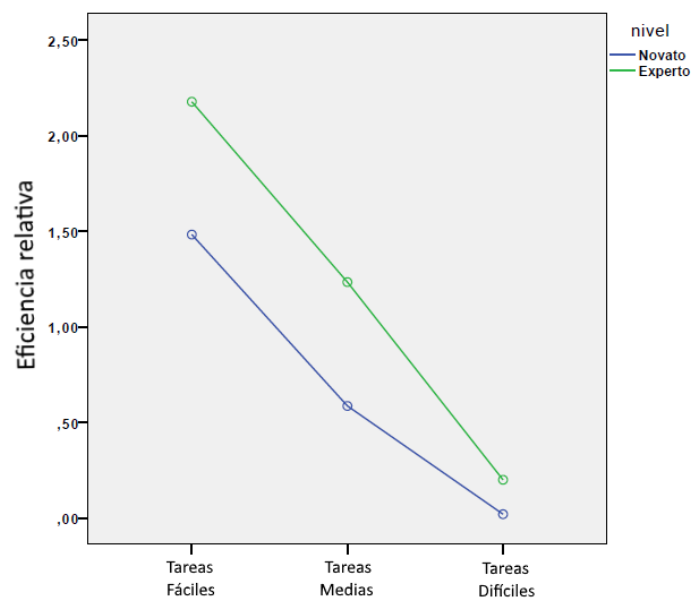


Figura 15. Eficiencia relativa por tipo de sujeto

Al igual que en los análisis anteriores, también se ha realizado el test ANOVA para la variable eficiencia (tiempo). En la Tabla 9 la proporción de varianza indica un efecto

evidente en la variación de los datos debido al tiempo en un 66,90%. Además, se puede afirmar que en el estudio no se ha encontrado una interacción significativa en ser de uno de los dos grupos de sujetos para la variable eficiencia.

| Eficiencia | | Type III Sum of Squares | df | Mean Sq | F Value | Sig | Partial Eta Squared |
|-------------------------|--------------------|-------------------------|----|------------|---------|-------|---------------------|
| Tiempo | Sphericity Assumed | 300690,763 | 2 | 150345,381 | 28,281 | 0,000 | 0,669 |
| Tiempo * Tipo de sujeto | Sphericity Assumed | 13381,179 | 2 | 6690,589 | 1,259 | 0,3 | 0,082 |

Tabla 9. Efectos de las pruebas de intra-sujetos para la variable eficiencia

Tras comprobar como el cambio entre medidas para la eficiencia es explicado por el efecto del tiempo, en la Tabla 10 se observa como este efecto es lineal en un 77,30%.

| Eficiencia | | Type III Sum of Squares | df | Mean Sq | F Value | Sig | Partial Eta Squared |
|--------------------------------------|------------|-------------------------|----|------------|---------|-------|---------------------|
| Dificultad de tarea | Lineal | 299925,125 | 1 | 299925,125 | 47,703 | 0,000 | 0,773 |
| | Cuadrática | 765,638 | 1 | 765,638 | 0,176 | 0,681 | 0,012 |
| Dificultad de tarea * Tipo de sujeto | Lineal | 92,092 | 1 | 92,092 | 0,015 | 0,905 | 0,001 |
| | Cuadrática | 13289,087 | 1 | 13289,087 | 3,059 | 0,102 | 0,179 |

Tabla 10. Contraste de las pruebas de intra-sujetos para la variable eficiencia

En la Figura 16 las diferencias de tiempo en la realización de las tareas entre novatos y expertos para las tareas fáciles y difíciles son mínimas y los valores son muy parecidos. Las diferencias entre ambos tipos de sujetos se encuentran en las tareas medias, ya que al existir un número superior de tareas medias (9) se han podido medir más datos. No obstante, estas diferencias no implican una interacción significativa del nivel del sujeto.

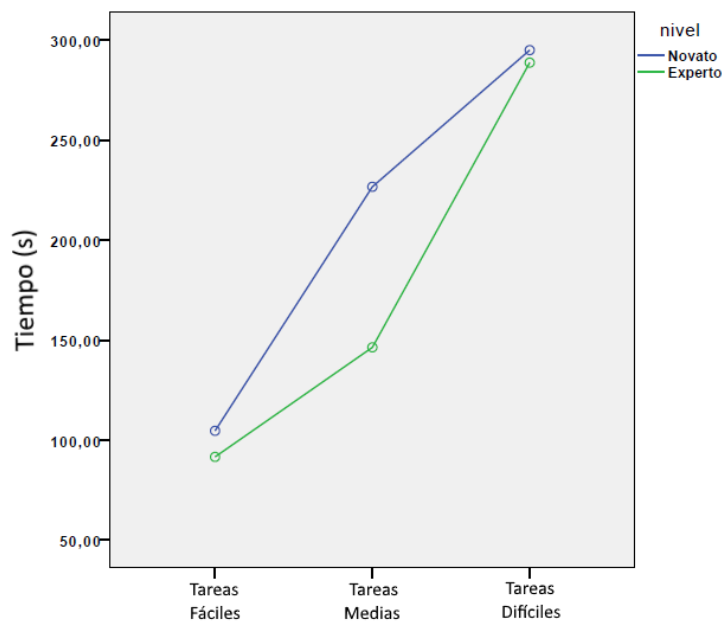


Figura 16. Eficiencia por tipo de sujeto

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se realiza la discusión de los resultados obtenidos en esta investigación. Por esta razón, en este punto se comentarán los resultados del test ANOVA en relación con las hipótesis que se aceptan y las derivaciones obtenidas del análisis cuantitativo respecto a las preguntas de investigación. Además, se describen las limitaciones del trabajo.

5.1. Discusión

En la Tabla 11 se realiza un resumen de los resultados para facilitar la comprensión de las conclusiones del estudio.






| Variables Respuesta | | Experticia del sujeto |
|---------------------|--------------------------|---|
| Eficiencia | Eficiencia (Tiempo) |  |
| | Eficiencia relativa |  |
| Eficacia | Eficacia (% Completitud) |  |
| | Eficacia óptima |  |
| Satisfacción global | |  |

Tabla 11. Resultados de las variables respuesta estudiadas

Las cruces de los iconos rojos de la Tabla 11 representan que los resultados obtenidos son similares según la experticia de los sujetos (novatos o expertos) para cada una de las variables estudiadas. A diferencias de los iconos verdes con un “tic”, que representan la existencia de diferencias notables en dichas variables según la experticia de los tipos de sujetos durante la evaluación de INTEGRANOVA.

Respecto a la variable eficiencia y tras analizar los datos obtenidos en los diferentes test ANOVA, presentados en el apartado 4.13, para cada una de las dos medidas en las que se descompone dicha variable: eficiencia propiamente dicha (tiempo que un sujeto necesita para completar la tarea) y eficiencia relativa (porcentaje de completitud de la tarea realizada en relación con el tiempo empleado en dicha tarea), considerando los dos grupos de sujetos y los tres niveles de dificultad de las tareas, los resultados permiten afirmar que existen diferencias estadísticamente significativas entre los expertos y novatos y la eficiencia relativa al realizar las tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, obteniendo mejores valores los expertos en completar las tareas difíciles, de dificultad media y fáciles que los novatos. Sin embargo, en el tiempo empleado para la realización de las diferentes tareas no se observa un efecto significativo del nivel de experiencia de los usuarios.

Respecto al análisis de eficacia, se ha medido el porcentaje de tareas (fáciles, medias y difíciles) correctas realizadas, como se muestra en la Figura 11, donde la eficacia para

ambos grupos de sujetos sólo es similar cuando los sujetos realizan tareas con dificultad fácil. Con estos resultados, se observa que los usuarios expertos completan las tareas en un mayor porcentaje y son más eficaces en las tareas medias y difíciles realizadas con la herramienta INTEGRANOVA, que los usuarios novatos.

En cuanto a la eficacia óptima (ver Figura 13), los resultados obtenidos muestran que no existe una diferencia significativa entre los dos diferentes tipos de sujetos que permita indicar un efecto de estos en la realización de manera óptima de tareas correctas. Las diferencias más claras se observan para las tareas de dificultad difícil. Sin embargo, los expertos sólo consiguieron realizar dos tareas de forma totalmente correcta y ninguna por parte de los novatos. Este resultado no permite obtener evidencias claras del efecto de los sujetos sobre la eficacia óptima.

En el análisis de la satisfacción global, mediante el cuestionario de satisfacción SUS, se ha obtenido un valor por sujeto, que luego se ha agregado por tipo de sujeto. Comparando los valores obtenidos según el grupo al que pertenezcan los sujetos no se han encontrado diferencias entre los dos tipos de sujetos. Ambos no están satisfechos en el uso de INTEGRANOVA.

Por tanto, a nivel de hipótesis de investigación, se concluye (Tabla 11):

- Se acepta la hipótesis nula H1A0 que determina que al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, el tiempo (eficiencia) para completar una tarea es el mismo independientemente del nivel de experiencia de los usuarios.
- Se acepta la hipótesis alternativa a H1B0 que determina que al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, la eficiencia relativa no es la misma independientemente del nivel de experiencia de los usuarios. Los expertos completan las tareas más rápidamente que los novatos.

Además, para las preguntas de investigación, se concluye (Tabla 11):

- Con respecto a la pregunta de investigación P2A0 se observa que al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, el porcentaje de completitud (eficacia) de realización de las tareas medias y difíciles es mayor para los usuarios con un alto nivel experiencia mientras que es similar a la de los novatos en tareas fáciles.
- En cuanto a la pregunta de investigación P2B0 se observa que al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, el porcentaje de soluciones óptimas es el mismo independientemente del nivel de experiencia de los usuarios.
- Por último, para la pregunta de investigación P30 se observa que al utilizar INTEGRANOVA para tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, la satisfacción global es la misma independientemente del nivel de experiencia de los usuarios. En este caso, como se ha mencionado, tanto los usuarios expertos como los usuarios novatos no están satisfechos en el uso de INTEGRANOVA.

Es necesario profundizar algo más en el caso en el que se acepta la hipótesis nula y para las preguntas de investigación P2B0 y P30.

Para la hipótesis H1A0, no se observa un efecto significativo del nivel de experiencia de los usuarios para la eficiencia, ya que ambos usuarios necesitaron un tiempo similar para la realización de las tareas. Sin embargo, obtener una eficiencia similar por dificultad de tarea no implica la correcta realización de éstas. Como se observa en la Figura 11 la eficacia es notablemente diferente entre expertos y novatos para las tareas de dificultad media y alta, aun empleando tiempos parecidos.

La pregunta de investigación P2B0 se acepta ya que las diferencias existentes no son suficientes para demostrar un efecto revelador. En las tareas de dificultad fácil y media, el porcentaje de tareas realizadas de forma más óptima es superior para los expertos con respecto a los novatos pero no se observa un efecto del tipo de sujeto. En las tareas difíciles, debido al reducido número de tareas de dificultad alta que existen y a los escasos resultados obtenidos para la variable eficacia óptima en este tipo de tareas, tampoco se pueden apreciar diferencias en ellas.

Finalmente, para la pregunta de investigación P30 se observan resultados similares en el cuestionario SUS (ver Anexo G), donde estos no permiten identificar diferencias para la variable satisfacción global, siendo la usabilidad marginal para la herramienta INTEGRANOVA.

5.2. Limitaciones

Aunque en el experimento cada sujeto ha realizado 18 tareas y ha permitido medir diversas variables un gran número de veces consiguiendo un estudio muy robusto, el número de tareas difíciles por sujeto han sido dos, es decir, existe una descompensación de tareas difíciles en favor de tareas medias. Esto es una limitación y resulta más complicado obtener resultados reveladores en estas tareas.

También existe otra limitación con respecto a la escala de satisfacción SUS utilizada, se utilizan ítems inversos para conseguir que el usuario no conteste todas las preguntas de la misma forma. Sin embargo, se trata de una estrategia antigua que puede hacer que el usuario entienda algo diferente a lo que realmente se le está preguntando.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1. Conclusiones

En este trabajo se ha realizado un marco experimental que incluye un modelo de evaluación de usabilidad, un método de agregación y un proceso experimental, donde se ha evaluado la usabilidad de la herramienta INTEGRANOVA en términos de eficiencia, eficacia y satisfacción global. El marco se ha instanciado en una aplicación de MDD determinada con el objetivo de analizar la conformidad de la interfaz del usuario en relación con su facilidad para ser aprendida y usada por usuarios particulares y en un contexto específico. Además, se ha llevado a cabo la EH que junto a la observación directa ha permitido obtener una lista de problemas, mejoras y recomendaciones de usabilidad para la herramienta seleccionada, INTEGRANOVA.

En el estudio empírico se ha evaluado la creación de diagramas de clases UML del modelado OO de INTEGRANOVA, con la participación de ocho sujetos expertos y otros ocho novatos que han realizado 18 tareas con diferente dificultad.

Referente a la EH, llevada a cabo por tres expertos, ha sido muy útil su realización para detectar problemas de usabilidad, previo a la observación directa de los sujetos, y proponer mejoras y recomendaciones que permitan aumentar la usabilidad de la aplicación INTEGRANOVA.

En este trabajo se han extraído interesantes conclusiones en base a los objetivos propuestos:

- O₁: ¿La eficiencia de los usuarios es la misma para las tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, independientemente de su experiencia en el uso de herramientas de MDD?
- O₂: ¿La eficacia de los usuarios es la misma para las tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, independientemente de su experiencia en el uso de herramientas de MDD?
- O₃: ¿La satisfacción global de los usuarios es la misma para las tareas de modelado con diferentes niveles de complejidad, independientemente de su experiencia en el uso de herramientas de MDD?

En primer lugar, con respecto a la eficiencia no se encontró un efecto significativo según el tipo de sujeto, al realizar cada tipo de tareas en tiempos parecidos. Esta variable mide el tiempo empleado de principio a fin de cada una de las tareas realizadas por cada sujeto y no tiene en cuenta el porcentaje de realización correcto. En cuanto a la eficiencia relativa, se encontró un efecto significativo entre el nivel de los sujetos, para los tres tipos de tareas (ver Figura 15), es decir, la relación del porcentaje de completitud de las tareas respecto al tiempo es significativa si se tiene en cuenta el nivel de experiencia del sujeto. Además, algo que comparten ambos tipos de sujetos han sido

los comentarios sobre las diferencias del lenguaje utilizado por INTEGRANOVA para definir algunos conceptos del modelado OO, a los cuales no estaban acostumbrados.

En segundo lugar, con respecto a la eficacia, podemos concluir que para las tareas fáciles no existen diferencias entre los usuarios novatos y expertos. No obstante, y a pesar de que incluso algunos usuarios expertos tuvieron dificultades en tareas comunes (ver Anexo H), las diferencias entre ambos grupos de usuarios son notables como se ha apreciado en la Figura 11 para las tareas de dificultad media y difícil. En cuanto a la eficacia óptima (ver Figura 13) no se obtuvieron diferencias entre los dos grupos de sujetos, que permita indicar una influencia de los tipos de sujetos en la realización de manera óptima de las tareas correctas. Sería recomendable realizar más tareas para así tener más medidas y poder observar posibles efectos, en especial de las tareas con dificultad difícil. Sin embargo, podría ser complicado obtener un gran número de medidas debido a la dificultad que tuvieron ambos grupos de sujetos para llevarlas a cabo de forma totalmente correcta.

Y por último, con respecto a la satisfacción global, para los dos tipos de sujetos ha sido muy similar y notablemente baja (ver Anexo G), lo que en el uso de la herramienta INTEGRANOVA permite afirmar que existe insatisfacción y que los usuarios se han encontrado con diversos problemas durante la realización de las tareas (ver Anexo H).

A la finalización del trabajo se observa el valor real de la usabilidad y la medida en la que ésta afecta al diseño conceptual y visual de la interacción de la aplicación INTEGRANOVA para ser entendida, usada y atractiva tanto por usuarios expertos como por usuarios novatos cuando realizan tareas en condiciones específicas. Los resultados obtenidos demuestran que se deben aplicar los cambios propuestos a INTEGRANOVA para mejorar la eficacia, eficiencia y satisfacción de los usuarios. Entre estos cambios propuestos (ver apartado 3.3 y Anexo F para un detalle completo de los problemas de usabilidad identificados y las mejoras que habría que implementar) se encuentran cuidar más el diseño de la aplicación, el uso de los iconos estándar o deshabilitar funciones no permitidas.

6.2. Trabajos Futuros

Tras la realización del estudio se consideran como trabajos futuros, los siguientes:

- Instanciar el marco experimental planteado a otras herramientas de MDD para detectar los problemas de usabilidad que existen y establecer propuestas de mejoras para aumentar la usabilidad.
- Realizar la evaluación de usabilidad empleando otros modelos de la herramienta INTEGRANOVA (dinámico, funcional o presentación).
- Realizar réplicas del experimento con un mayor número de sujetos para afianzar aún más los resultados.
- Aumentar el número de tareas difíciles para contar con un número similar de tareas según el nivel de dificultad.
- Ampliar el estudio para incorporar otro atributo de usabilidad como es la facilidad de aprendizaje, ya que en las herramientas de MDD la curva de aprendizaje es alta.

REFERENCIAS

- Abrahão, S., Insfran, E., Vanderdonckt, J. Usabilidad en Entornos MDA: Propuesta y Estudio Experimental. In *Proceedings of XV Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD'06)*, pp. 1-5, 2006.
- Acerbis, R., Bongio, A., Brambilla, M., Butti, S. WebRatio 5: An Eclipse-Based Case Tool for Engineering Web Applications. In *Proceedings of 7th International Conference Web Engineering (ICWE 2007) LNCS*, Springer, vol. 4607, pp. 501-505, 2007.
- Acuña, S.T., Gómez, M., Juristo, N. Towards Understanding the Relationship Between Team Climate and Software Quality - A Quasi-Experimental Study. *Empirical Software Engineering*, Springer, vol. 13, no. 4, pp. 401-434, 2008.
- Andreasen, M.S., Nielsen, H.V., Schrøder, S.O., Stage, J. What happened to Remote Usability Testing? An Empirical Study of Three Methods, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'07)*, pp. 1405-1411, ACM, 2007.
- Artech, GeneXus. <http://www.genexus.com/> (Fecha de consulta: 11/05/2016).
- Aveledo, M. Identificación Empírica de Beneficios de Usabilidad. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 2014.
- Batthey, J. IBM's Redesign Results in a Kinder, Simpler Web Site, 2001 http://interface.free.fr/Archives/IBM_redesign_results.pdf (Fecha de consulta: 14/05/2016).
- Brooke, J. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, vol. 189, no. 194, pp. 4-7, 1996.
- Cassino, R., Tucci, M., Vitiello, G. Empirical Validation of an Automatic Usability Evaluation Method. *Information and Software Technology*, Elsevier, vol. 28, pp. 1-22, 2015.
- Condori-Fernández, N., Panach, J.I., Baars, A.I., Vos, T., Pastor, O. An Empirical Approach for Evaluating the Usability of Model-Driven Tools. *Science of Computer Programming*, vol. 78, no. 11, pp. 2245-2258, 2013.
- Constantine, L.L., Lockwood, L.A. *Software for Use: A Practical Guide to the Models and Methods of Usage-Centered Design*. Pearson Education, 1999.
- Desmet, P.A. Measuring Emotions: Development and Application of an Instrument to Measure Emotional Responses to Products. In *Funology*. Springer, Chapter 9, pp. 111-124, 2003.
- Donahue, G.M. Usability and the Bottom Line. *IEEE Software*, vol. 18, no. 1, p. 31, 2001.
- Escalona, M.J., Aragón, G. NDT. A Model-Driven Approach for Web Requirements. *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 34, no. 3, pp. 377-390, 2008.
- España, S., Pederiva, I., Panach, J.I., Abrahão, S., Pastor, O. Evaluación de la Usabilidad en un Entorno de Arquitecturas Orientadas a Modelos. In *Proceedings of IDEAS*, pp. 331-344, 2006.
- Ferré, X. Marco de Integración de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo Software. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 2005.

- González, M.P., Pascual, A., Lorés, J. Evaluación Heurística. In *Introducción a la Interacción Persona-Ordenador*. AIPO: Asociación Interacción Persona-Ordenador, pp. 1-39, 2001.
- Hakiel, S. Delivering Ease of Use. *Computing and Control Engineering Journal*, vol. 8, no. 2, pp. 81-87, 1997.
- INTEGRANOVA Technologies. <http://www.integranova.com> (Fecha de consulta: 28/04/2016).
- i Saltiveri, T.G., Vidal, J.L., Delgado, J.J.C. Diseño de Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario. UOC, 2011.
- ISO/IEC 25010. Systems and Software Engineering. System and Software Product. Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and Software Quality Models, 2010.
- ISO 9241-11. Ergonomics Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs). Part 11: Guidance on Usability, 1998.
- Ivory, M.Y., Hearst, M.A. The State of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 33, no. 4, pp. 470-516, 2001.
- Jedlitschka, A., Ciolkowski, M., Pfahl, D. Reporting Experiments in Software Engineering. In *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*. Springer, pp. 201-228, 2008.
- Juristo, N., Moreno, A.M., Sánchez-Segura, M.I. Analysing the Impact of Usability on Software Design. *Journal of System and Software*, vol. 80, no. 9, pp. 1506-1516, 2007.
- Lewis, C., Wharton, C. Cognitive Walkthroughs. In M. Helander, T.K. Landauer & P. Prabhu (Eds.), *Handbook of Human-Computer Interaction*, 2nd Edition, Elsevier Science, pp. 717-732, 1997.
- Mirillis: Action! <https://mirillis.com/en/products/action.html> (Fecha de consulta: 11/05/2016).
- Molina, J.C., Pastor, O. MDA, OO-Method y la Tecnología OLIVANOVA Model Execution, In *Proceedings of I Taller sobre Desarrollos Dirigidos por Modelos, MDA y Aplicaciones*, pp. 1-9, 2004.
- Nielsen, J., Molich, R. Heuristic Evaluation of User Interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 249-256, ACM, 1990.
- Nielsen, J. Heuristic Evaluation. *Usability Inspection Methods*, vol. 17, no. 1, pp. 25-62, 1994.
- Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> (Fecha de consulta: 17/05/2016).
- Panach, J.I., España, S., Dieste, O., Pastor, O., Juristo, N. In Search of Evidence for Model-Driven Development Claims: An Experiment on Quality, Effort, Productivity and Satisfaction, *Information and Software Technology*, vol 62, pp. 164-186, 2015.
- Pastor, O., Molina, J.C. Model-Driven Architecture in Practice: A Software Production Environment Based on Conceptual Modeling. Springer Science & Business Media, pp. 39-42, 2007.
- Piccioni, M., Furia, C.A., Meyer, B. An Empirical Study of API Usability, in *Proceedings of the ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, pp. 56-62, 2013.

- Pierotti, D. Heuristic Evaluation – A System Checklist, 2004.
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S., Carey, T. Human-Computer Interaction. Addison-Wesley, 1994.
- Selic, B. The Pragmatics of Model-Driven Development. *IEEE Software*, vol. 20, no. 5, pp. 19-25, 2003.
- Schwabe, D., de Almeida Pontes, R., Moura, I. OOHDM-Web: An Environment for Implementation of Hypermedia Applications in the WWW. *ACM SigWEB Newsletter*, vol. 8, no. 2, pp. 18-34, 1999.
- Shneiderman B., Plaisant, C., Cohen, M., Jacobs, S. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction. Pearson, 2009.
- Singh, Y., Sood, M. Model Driven Architecture: A Perspective. In *Proceedings of IEEE International Advance Computing Conference (IACC 2009)*, pp. 1644-1652, 2009.
- SPSS Statistics Base. <http://www-03.ibm.com/software/products/es/spss-stats-base/> (Fecha de consulta: 15/05/2016).
- Tullis, T.S., Stetson, I.N. A Comparison of Questionnaires for Assessing Website Usability. In *Proceedings of the Usability Professionals Association (UPA) Conference*, pp. 7-11, 2004.
- Ventirini, G., Troost, J. Survey on the UCD Integration in the Industry. In *Proceedings of Third Nordic Conference on Human-Computer Interaction (NordiCHI'04)*, pp. 449-452, ACM, 2004.
- Winter, J., Rönkkö, K. SPI Success Factors within Product Usability Evaluation. *Journal of Systems and Software*, vol. 83, no. 11, pp. 2059–2072, 2010.
- Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M.C., Regnell, B., Wesslén, A. Experimentation in Software Engineering. Springer, 2012.

GLOSARIO

Curtosis: en teoría de la probabilidad y estadística, la curtosis es una medida de la forma. Las medidas de curtosis tratan de estudiar la proporción de la varianza que se explica por la combinación de datos extremos respecto a la media en contraposición con datos poco alejados de la misma.

Cuasi experimento: diseños de investigación experimentales en los cuales los sujetos o grupos de sujetos de estudio no están asignados aleatoriamente a los tratamientos.

Estudio empírico: modelo de investigación científica que se basa en la experimentación y la lógica empírica que junto con la observación de fenómenos y su análisis estadístico, es el más usado en el campo de las ciencias sociales y las ciencias naturales.

Evidencia empírica: información que es adquirida a través de la observación o de la experimentación.

Hipótesis: Enunciado de una relación entre dos o más variables sujetos a una prueba empírica. Proposición o enunciado para responder tentativamente a un problema.

Metodología: investigación sistemática y formulación de métodos que deben usarse en la investigación científica.

Muestreo: instrumento de gran validez en la investigación, con el cual el investigador selecciona las unidades representativas, a partir de las cuales obtendrá los datos que le permitirán extraer inferencias acerca de una población sobre la cual se investiga.

Variable dependiente: variable de estudio cuyos resultados o efectos son consecuencia o dependen de la variable independiente.

Variable independiente: variable que el investigador observa o manipula para conocer los efectos que genera en la variable dependiente.

ANEXOS

Anexo A. Cuestionario Pre-Test

En la Tabla 12 se muestran las preguntas del cuestionario pre-test utilizado en el diseño experimental.

| <u>Preguntas</u> | <u>Respuestas</u> | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------|----------|-----------|----------|-----------|---|---|---|---|---|
| Q1. Sexo | a) Masculino b) Femenino | | | | | | | | | | |
| Q2. Edad | a) menos de 18 b) 18 – 30 c) 31 – 40 d) 41 – 50 e) 51 o más | | | | | | | | | | |
| Q3. Eres profesional en el Área de Informática / Computación | a) Sí b) No | | | | | | | | | | |
| Q4. Ocupación | a) Estudiante b) Profesor c) Doctor | | | | | | | | | | |
| Q5. ¿Qué es una clase? | a) Un conjunto de atributos b) La definición o abstracción de un objeto c) Una instanciación de un objeto d) No lo sé | | | | | | | | | | |
| Q6. ¿Qué es un objeto? | a) La definición o abstracción de una clase b) Una instanciación de una clase c) Un conjunto de métodos d) No lo sé | | | | | | | | | | |
| Q7. ¿Qué diagrama utilizarías para modelar las relaciones entre entidades de una aplicación? | a) Diagrama de transición de estados b) Diagrama de clases c) Modelo funcional d) No lo sé | | | | | | | | | | |
| Q8. ¿A qué corresponden las siglas UML? | a) Unified Master Language b) Unique Master Liability c) Unified Modelling Language d) No lo sé | | | | | | | | | | |
| Q9. ¿Has utilizado herramientas de modelado de aplicaciones software (Ej.: ArgoUML, UML Designer...)? Valora de 1 a 5. | <table><tr><td>Nada</td><td>Poco</td><td>Regular</td><td>Bastante</td><td>Mucho</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> | Nada | Poco | Regular | Bastante | Mucho | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Nada | Poco | Regular | Bastante | Mucho | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | |
| Q10. ¿Has utilizado la herramienta de modelado INTEGRANOVA? | a) Sí, con frecuencia b) Sí, ocasionalmente c) No | | | | | | | | | | |
| Q11. ¿Comprendes las diferentes relaciones que puedan existir entre dos clases? Valora de 1 a 5. | <table><tr><td>Nada</td><td>Poco</td><td>Regular</td><td>Bastante</td><td>Mucho</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> | Nada | Poco | Regular | Bastante | Mucho | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Nada | Poco | Regular | Bastante | Mucho | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | |
| Q12. ¿Cómo definirías tus conocimientos con herramientas de modelado? Valora de 1 a 5. | <table><tr><td>Muy bajos</td><td>Bajos</td><td>Regulares</td><td>Altos</td><td>Muy altos</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> | Muy bajos | Bajos | Regulares | Altos | Muy altos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Muy bajos | Bajos | Regulares | Altos | Muy altos | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | |

Tabla 12. Cuestionario pre-test

En la Tabla 13 y Tabla 14 se muestran las respuestas de los sujetos expertos y novatos, respectivamente, al cuestionario realizado previo a la observación directa para así poder confirmar los grupos de los sujetos.

| | Experto 1 | Experto 2 | Experto 3 | Experto 4 | Experto 5 | Experto 6 | Experto 7 | Experto 8 |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Q1 | a | a | a | a | b | a | a | a |
| Q2 | e | c | d | c | b | c | c | b |
| Q3 | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Q4 | b | b, c | b, c | b,c | a | a | a | a |
| Q5 | b | b | b | b | b | b | b | b |
| Q6 | b | b | b | b | b | b | b | b |
| Q7 | b | b | b | b | b | b | b | b |
| Q8 | c | c | c | c | c | c | c | c |
| Q9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Q10 | c | c | c | c | c | c | c | c |
| Q11 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Q12 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Tabla 13. Resultados del cuestionario pre-test de los sujetos expertos

| | Novato 1 | Novato 2 | Novato 3 | Novato 4 | Novato 5 | Novato 6 | Novato 7 | Novato 8 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Q1 | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Q2 | b | b | b | b | b | b | b | b |
| Q3 | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Q4 | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Q5 | a | b | b | b | b | b | b | b |
| Q6 | b | b | b | b | b | b | b | b |
| Q7 | b | b | b | b | b | b | b | b |
| Q8 | c | c | c | c | c | c | c | c |
| Q9 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Q10 | c | c | c | c | c | c | c | c |
| Q11 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| Q12 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Tabla 14. Resultados del cuestionario pre-test de los sujetos novatos

Anexo B. Definición de las Tareas a Realizar por el Usuario

A continuación, se definen cada una de las tareas a realizar por los sujetos que han participado en el experimento, indicando el porcentaje de completitud estimado para cada paso que tendrá que realizar el sujeto, así como la dificultad (complejidad) estimada.

La situación inicial que se encuentran los usuarios partícipes se muestra en la siguiente captura de pantalla (Figura 17):

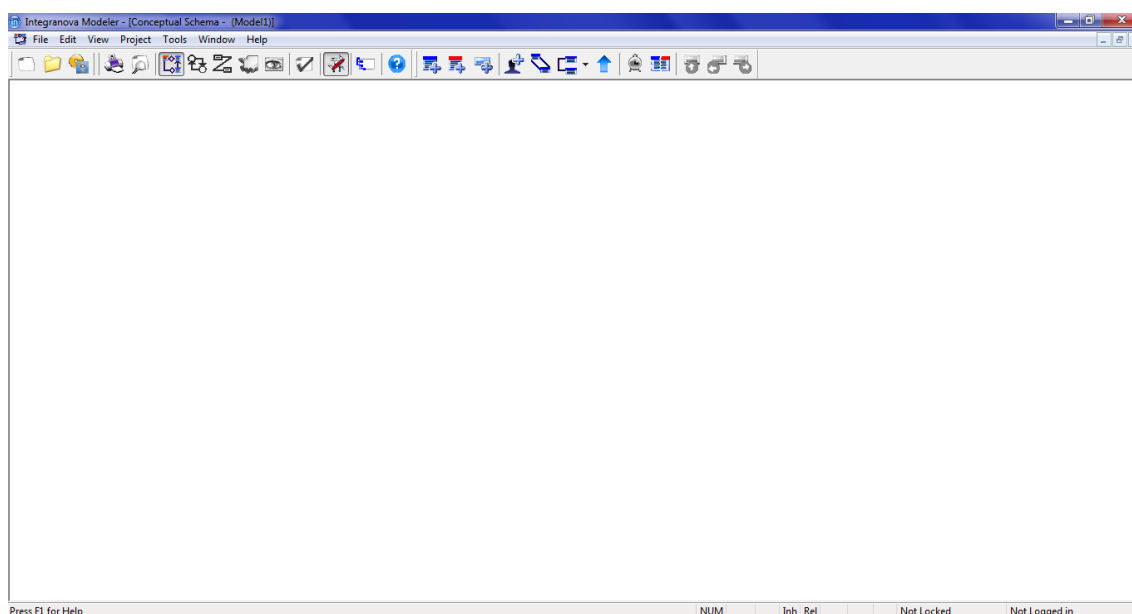


Figura 17. Creación de un perfil de usuario con acceso limitado

Tarea N° 1

- **Parte de la aplicación a testear**

Crear una clase (Figura 18).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear una clase en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y tendrá un modelo nuevo abierto.

- **Explicación para el usuario**

Crea una clase con nombre “Vehiculo”, no te preocupes por el resto de las opciones.

- **Postcondición**

El modelo contendrá una clase llamada “Vehiculo”

- **Complejidad estimada**

Fácil.

- **Porcentaje completado**

Crear una clase: 100%.

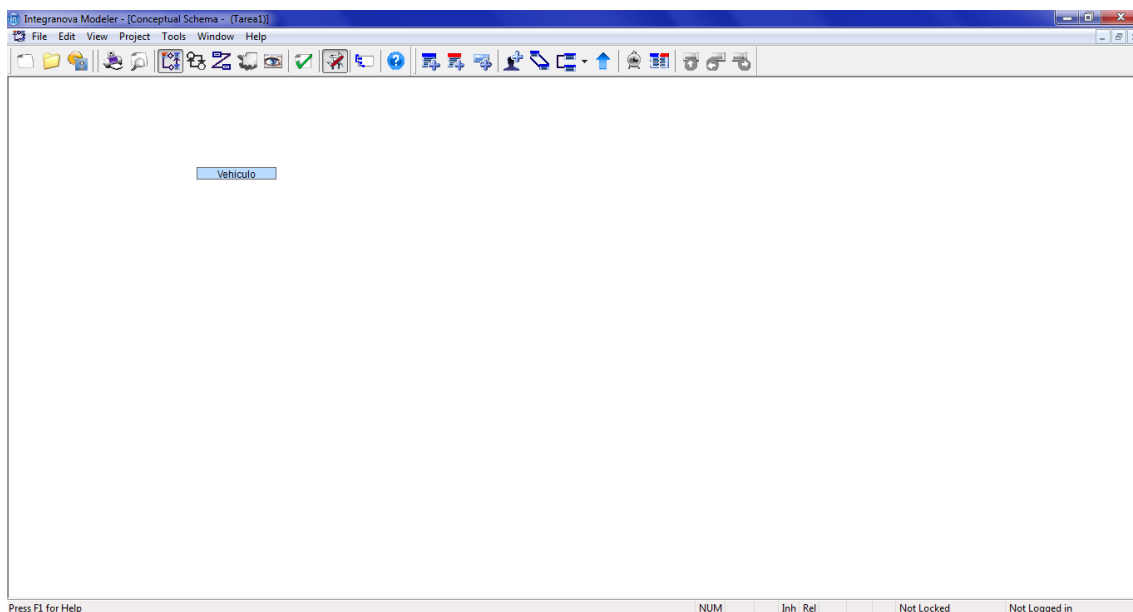


Figura 18. Clase creada

Tarea N° 2

- **Parte de la aplicación a testear**

Crear un atributo variable y otro constante (Figura 19).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear atributos de una clase en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y la tarea anterior estará correctamente realizada.

- **Explicación para el usuario**

En la clase “Vehiculo” que acabas de crear:

- Crea el atributo “Modelo_vehiculo”, una cadena de 20 caracteres constante que representará el modelo del coche.
- Creación del atributo “PrecioUnidad”, un número real variable que indica el precio de una unidad del modelo de coche representado por la clase.
- Creación del atributo “NumeroUnidades”, un entero variable que representa el número de unidades del modelo de coche del que disponemos en stock.

- **Postcondición**

Se han añadido correctamente los tres atributos al modelo.

- **Complejidad estimada**

Fácil.

- **Porcentaje completado**

Abrir la ventana propiedades: 10%; Crear cada atributo: 30%.

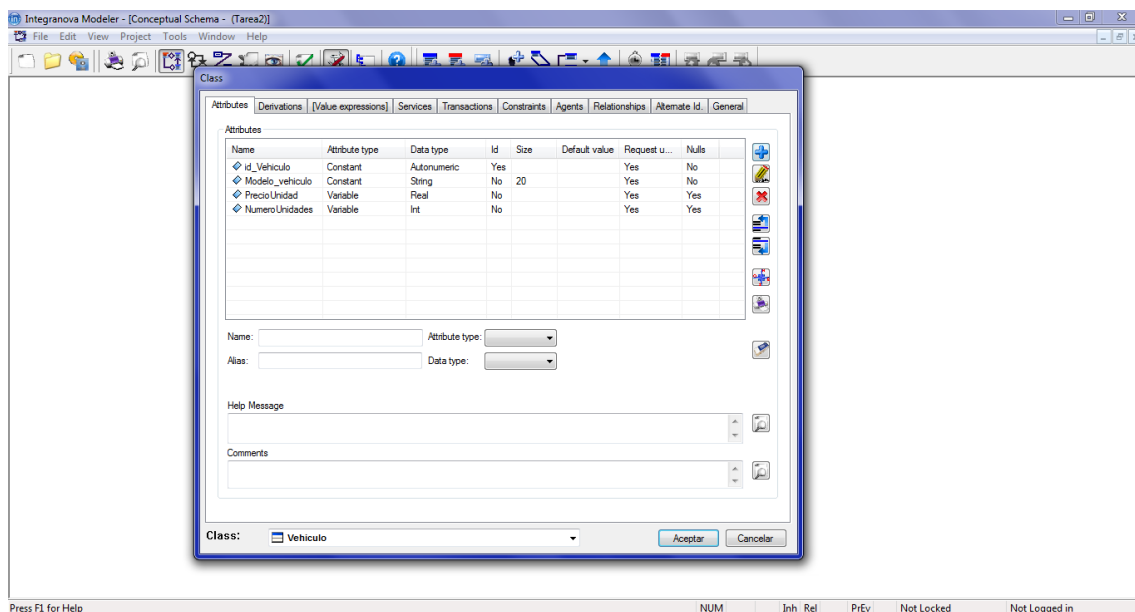


Figura 19. Creación de atributos variable y constante

Tarea N° 3

- **Parte de la aplicación a testear**

Crear un atributo derivado (Figura 20).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear un atributo derivado en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

En la clase “Vehiculo”, crear el atributo “PrecioTotalStock”, un número real derivado, que en la siguiente tarea servirá para saber cuánto dinero representan los coches que tenemos en stock.

- **Postcondición**

Se ha añadido correctamente el atributo al modelo.

- **Complejidad estimada**

Fácil.

- **Explicaciones necesarias**

Atributos derivados: son atributos que toman su valor en base a otros atributos.

- **Porcentaje completado**

Crear el atributo: 30%; Crearlo “Derived”: 70%.

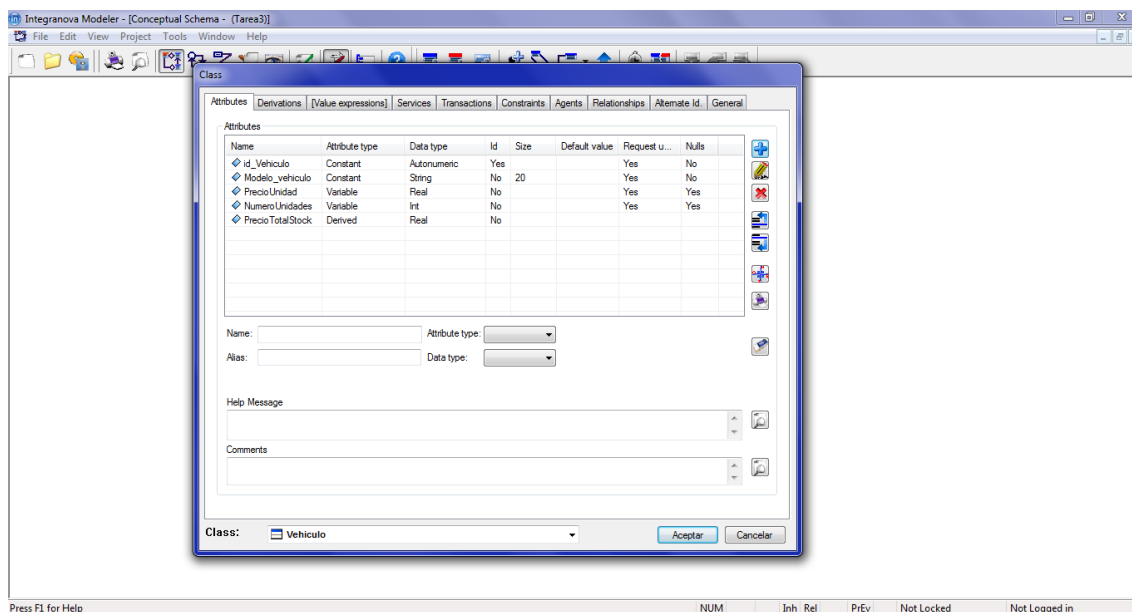


Figura 20. Creación de atributo derivado

Tarea N° 4

- **Parte de la aplicación a testear**

Definir la condición y el efecto de una derivación (Figura 21).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear la condición y el efecto de un atributo derivado en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Crear una derivación del atributo “PrecioTotalStock”, tal que en caso de que “NumeroUnidades” sea igual a uno o más:

“PrecioTotalStock=PrecioUnidad*NumeroUnidades”.

No es necesario derivar el atributo para los demás casos de “NumeroUnidades”.

- **Postcondición**

La derivación está definida según el enunciado.

- **Complejidad estimada**

Media.

- **Explicaciones necesarias**

Atributos derivados.

- **Porcentaje completado**

Crear la condición: 30%; Crear la fórmula: 60%; No hacer caso del mensaje de error: 10%.

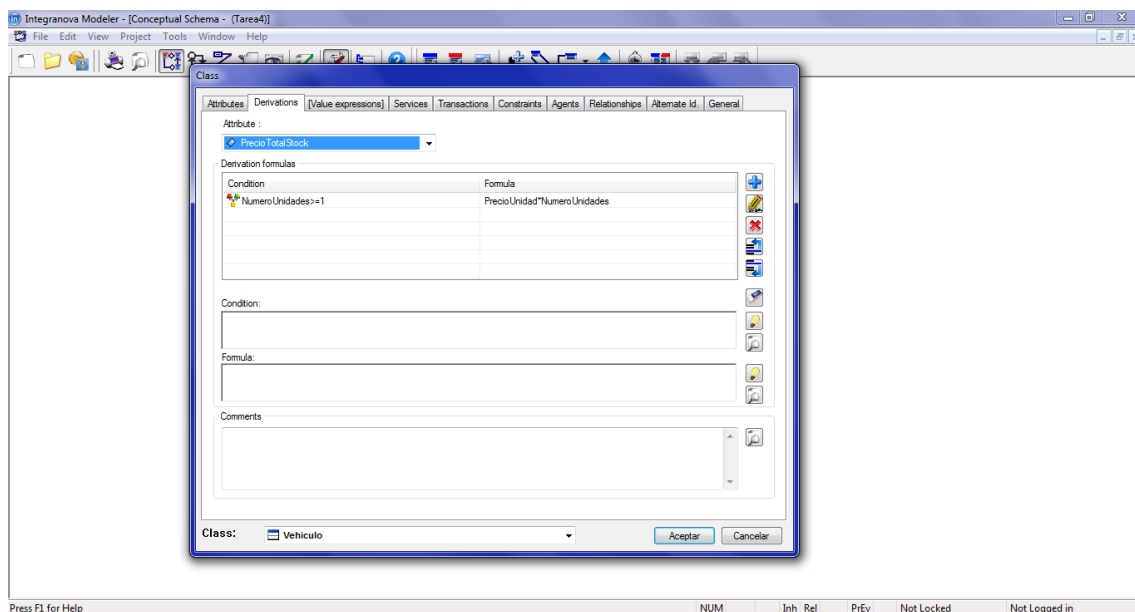


Figura 21. Derivación de un atributo y su condición

Tarea N° 5

- **Parte de la aplicación a testear**

Crear un servicio en una clase que ya tiene los servicios de creación, edición y destrucción que aparecen por defecto (Figura 22).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de definir un servicio de una clase en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Crear un método para la clase “Vehiculo” de nombre “editar_NumeroUnidades” que servirá más adelante para editar el número de coches de ese tipo que tenemos en stock.

- **Postcondición**

El método ha quedado definido, así como sus argumentos de entrada y salida básicos.

- **Complejidad estimada**

Fácil.

- **Explicaciones necesarias**

Servicio en INTEGRANOVA es un método en un lenguaje de modelado OO.

- **Porcentaje completado**

Parámetros correctos: 30%; Crear método: 70%.

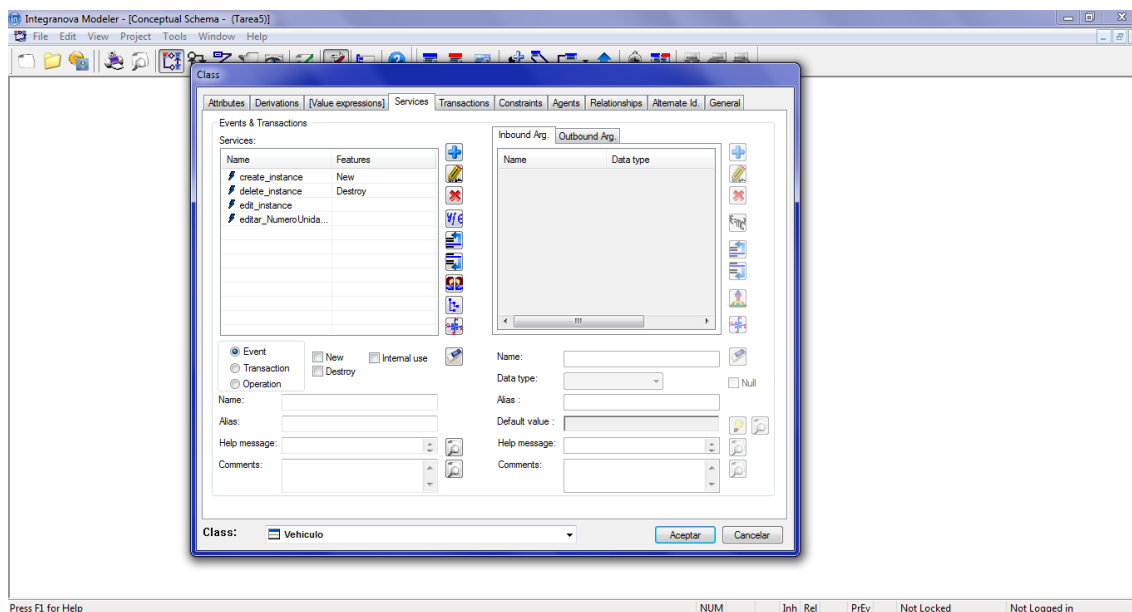


Figura 22. Creación de servicios

Tarea N° 6

- **Parte de la aplicación a testear**

Crear una clase para crear su relación de asociación con otra clase ya creada (Figura 23).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear una relación de asociación entre dos clases en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Crear la clase “Alquiler” que representa un alquiler de un coche y la relación de asociación entre “Vehiculo” y “Alquiler” donde un tipo de vehículo puede ser alquilado ninguna o muchas veces, pero en cada alquiler se debe alquilar algún vehículo, y sólo un tipo de vehículo a la vez.

- **Postcondición**

Tanto la clase como la relación de asociación han quedado correctamente definidas según lo especificado en el enunciado.

- **Complejidad estimada**

Fácil.

- **Porcentaje completado**

Crear la clase: 10%; Crear la relación de asociación del tipo correcto: 50%; Poner correctamente las cardinalidades: 30%; Poner la estática y la dinámica correctamente: 10%.

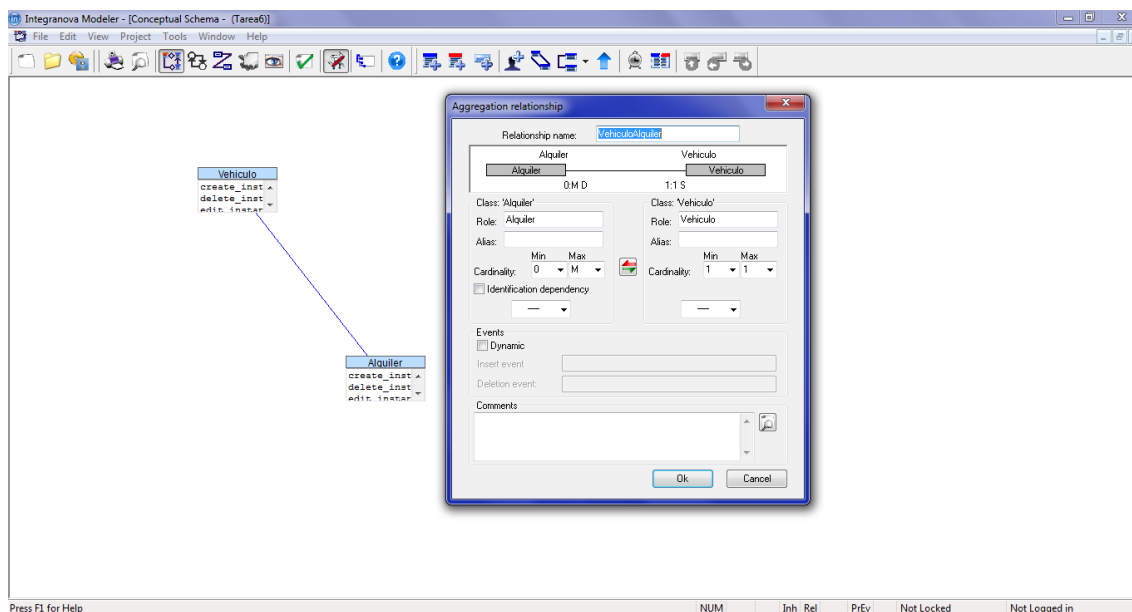


Figura 23. Creación de una relación de asociación

Tarea N° 7

- **Parte de la aplicación a testear**

Crear una clase y su relación de herencia con una clase ya existente (Figura 24).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear una clase y su relación de herencia con una clase ya existente en el esquema conceptual de objetos.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Crear la clase “MiniBus”, que será uno de los tipos de vehículos que se podrán alquilar y su relación de herencia con “Vehiculo” donde “MiniBus” es hijo de “Vehiculo”.

- **Postcondición**

Tanto la clase como la relación de herencia han quedado correctamente definidas según lo especificado en el enunciado.

- **Complejidad estimada**

Media.

- **Porcentaje completado**

Crear la clase: 10%; Borrar los servicios por defecto: 40%; Crear la relación: 50%.

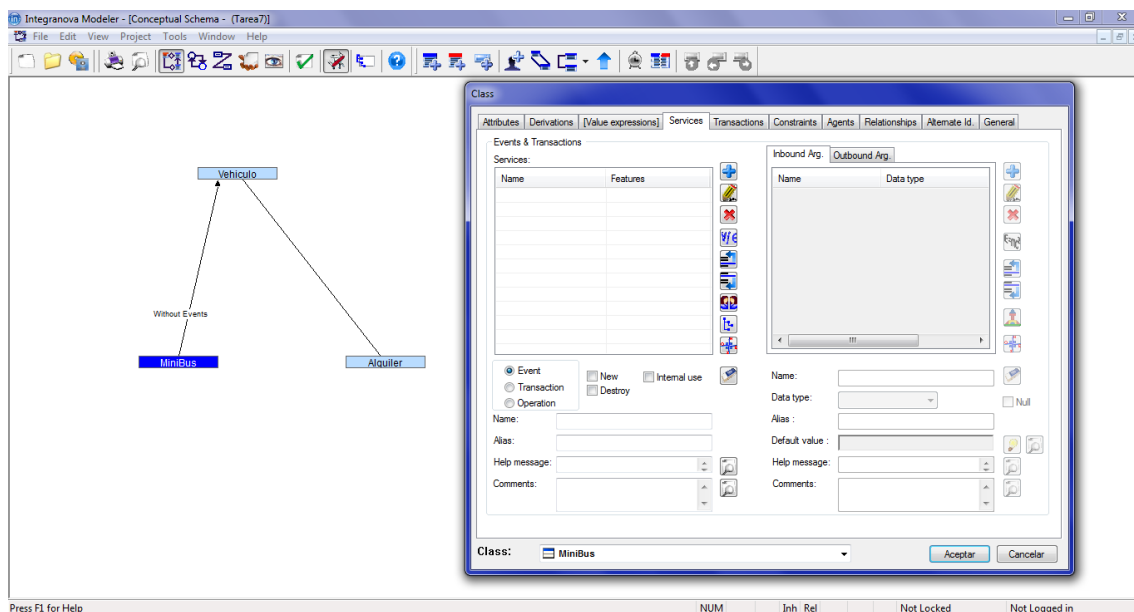


Figura 24. Creación de una relación de herencia

Tarea N° 8

• Parte de la aplicación a testear

Establecer los métodos de creación/destrucción para una clase hijo ya creada (Figura 25).

• Hipótesis

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear los métodos de creación/destrucción de una clase ya existente en INTEGRANOVA.

• Precondición

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

• Explicación para el usuario

Crear las funciones constructora y destructora de la clase “MiniBus”: “crear_minibus” y “destruir_minibus” tal que la función “crear_minibus” debería crear una clase “MiniBus”.

Igualmente “destruir_minibus” debería destruir la misma clase.

• Postcondición

Los métodos de creación y destrucción han sido creados y correctamente asociados a la clase “Minibus”.

• Complejidad estimada

Difícil

• Explicaciones necesarias

Las funciones constructora y destructora se llaman, en INTEGRANOVA, Carrier y Liberator events, respectivamente.

• Porcentaje completado

Crear los métodos (el constructor): 20%; En la clase padre: 40%; Asignarlos: 40%.

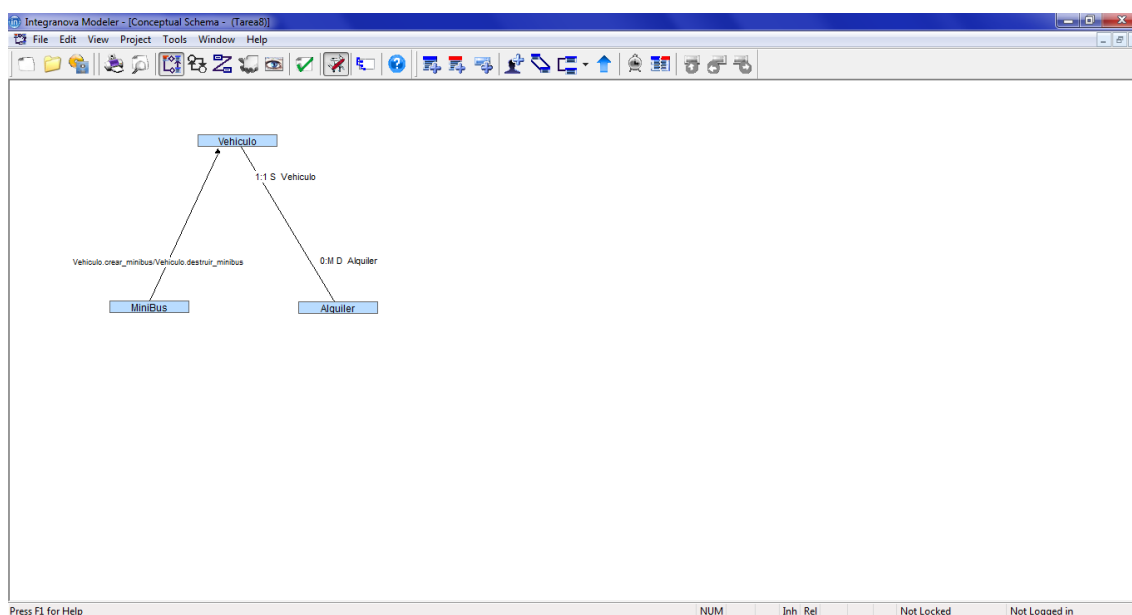


Figura 25. Establecimiento de los métodos de creación y destrucción

Tarea N° 9

- **Parte de la aplicación a testear**

Creación de un atributo de entrada/salida para un método (Figura 26).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear un argumento de entrada y otro de salida de un método ya existente en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Crear el argumento de entrada “Numero_Plazas”, un entero que especifica el número de plazas de un determinado modelo de Minibus y el de salida “Numero_Valido”, un booleano que, más adelante, será cierto en caso de que el número de plazas sea válido y falso en caso contrario, para el método “crear_minibus”.

- **Postcondición**

Los argumentos de entrada y de salida han sido correctamente definidos según lo especificado en el enunciado.

- **Complejidad estimada**

Media.

- **Porcentaje completado**

Cada argumento: 40%; Asignarlos al método correcto: 20%.

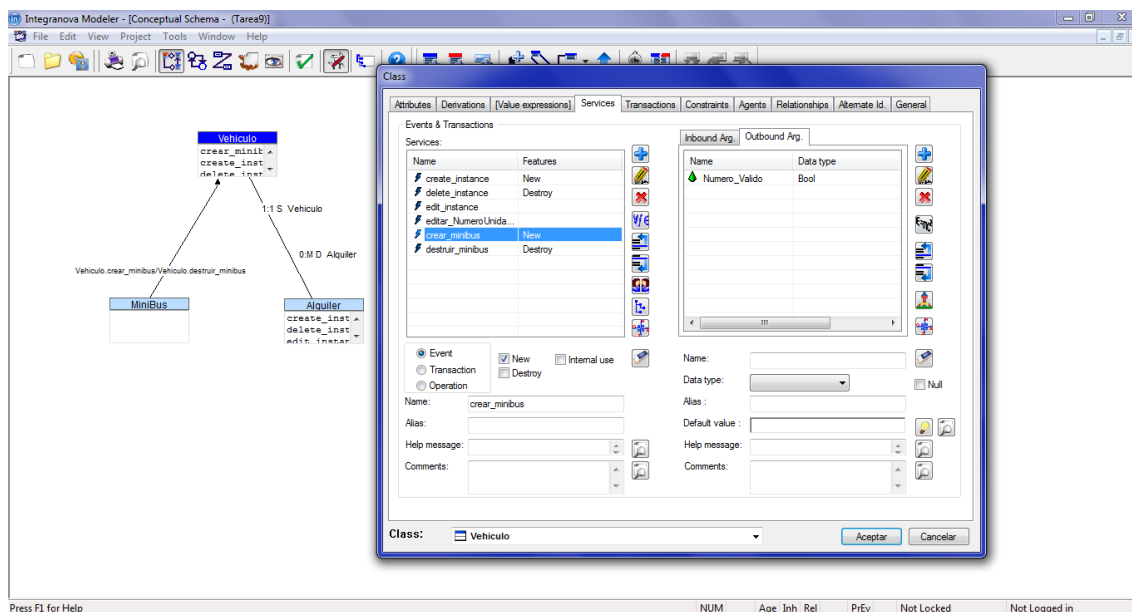


Figura 26. Creación de atributos de entrada y salida

Tarea N° 10

- **Parte de la aplicación a testear**

Añadir una restricción de integridad a una clase (Figura 27).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear una restricción de integridad a una clase ya existente en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

En la clase “Vehiculo”, crear una restricción de integridad según la cual el atributo “NumeroUnidades” siempre tiene que ser positivo. Si no lo fuera, lanzar un error: “El número de coches en stock debe ser positivo”.

- **Postcondición**

La restricción de integridad y su mensaje de error han sido correctamente definidos.

- **Complejidad estimada**

Media

- **Explicaciones necesarias**

En INTEGRANOVA, el término restricción de integridad es sustituido por Constraint.

- **Porcentaje completado**

Fórmula: 50%; Mensaje de error: 50%.

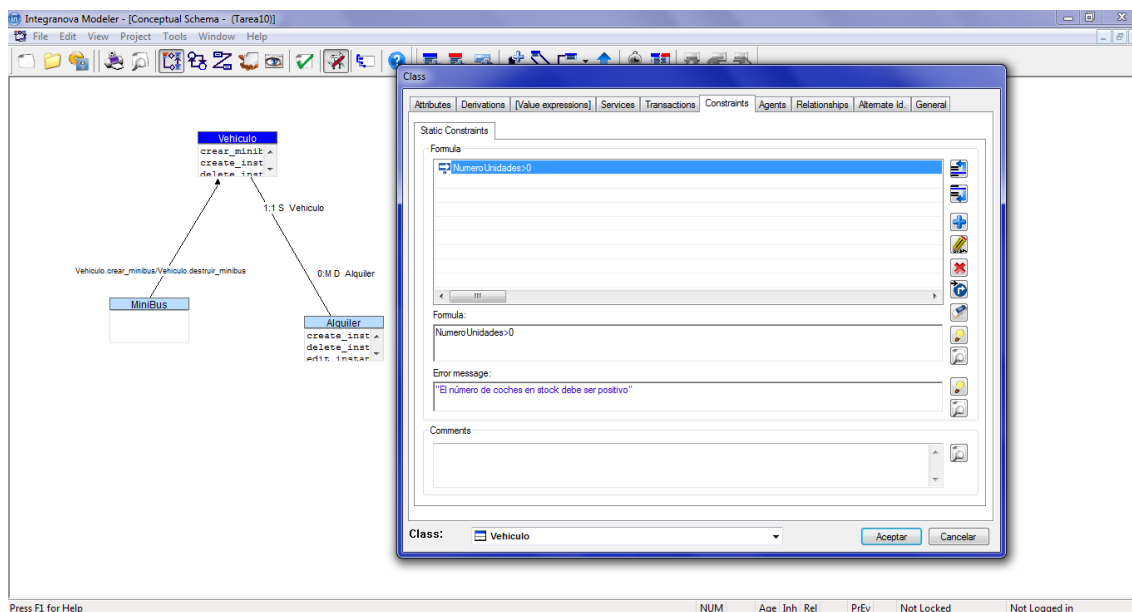


Figura 27. Creación de una restricción de integridad

Tarea N° 11

- **Parte de la aplicación a testear**

Editar una relación creada anteriormente (Figura 28).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de editar una relación ya existente en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Editar la relación de asociación entre “Vehiculo” y “Alquiler” y convertirla en una relación igual, pero de agregación en vez de asociación, como debería ser actualmente.

- **Postcondición**

La relación de agregación ha quedado correctamente definida.

- **Complejidad estimada**

Media.

- **Porcentaje completado:**

Las cardinalidades de la relación quedan definidas correctamente: 30%; Se cambia a agregación visualmente: 30%; Se vuelve de agregación: 40%.

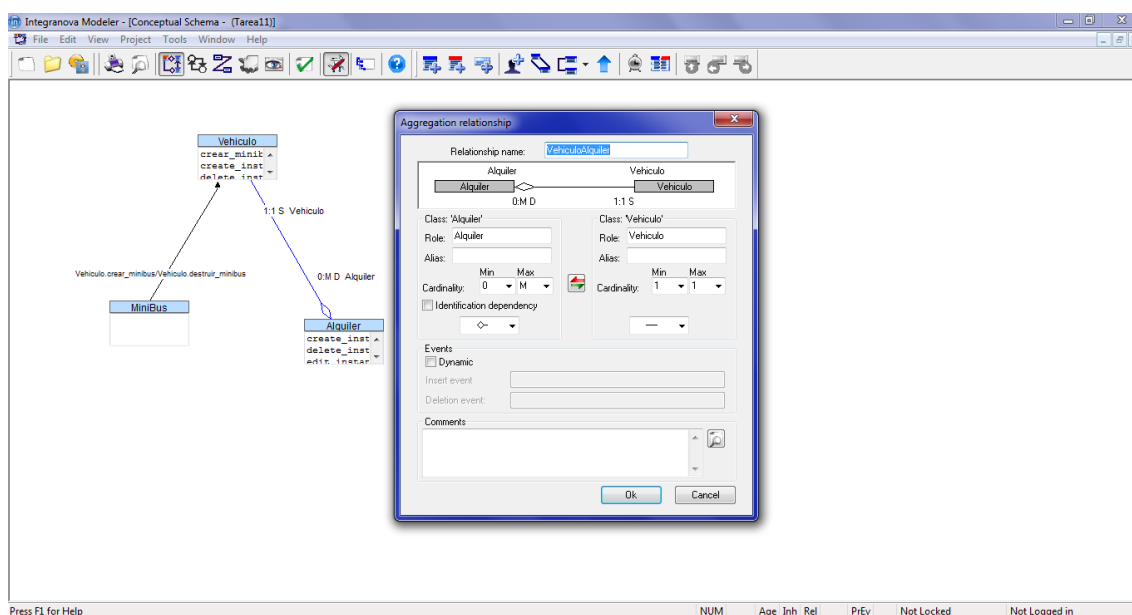


Figura 28. Edición de una relación entre clases

Tarea N° 12

- **Parte de la aplicación a testear**

Crear un perfil de usuario de administrador del sistema (Figura 29).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear un perfil de usuario de administrador del sistema en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Crear una clase “Administrador” que sea como un perfil de usuario que tiene permisos sobre todas las funciones y atributos del modelo.

- **Postcondición**

Se ha creado una clase Agente de todo el sistema de nombre “Administrador”.

- **Complejidad estimada**

Media.

- **Explicaciones necesarias**

Un Agente es, en INTEGRANOVA, una clase que tiene permiso para acceder a servicios o atributos de otras clases.

- **Porcentaje completado**

Crea la clase Administrador: 10%; Asigna derechos sobre todo a una clase cualquiera: 40%; Asigna derechos correctamente: 50%.

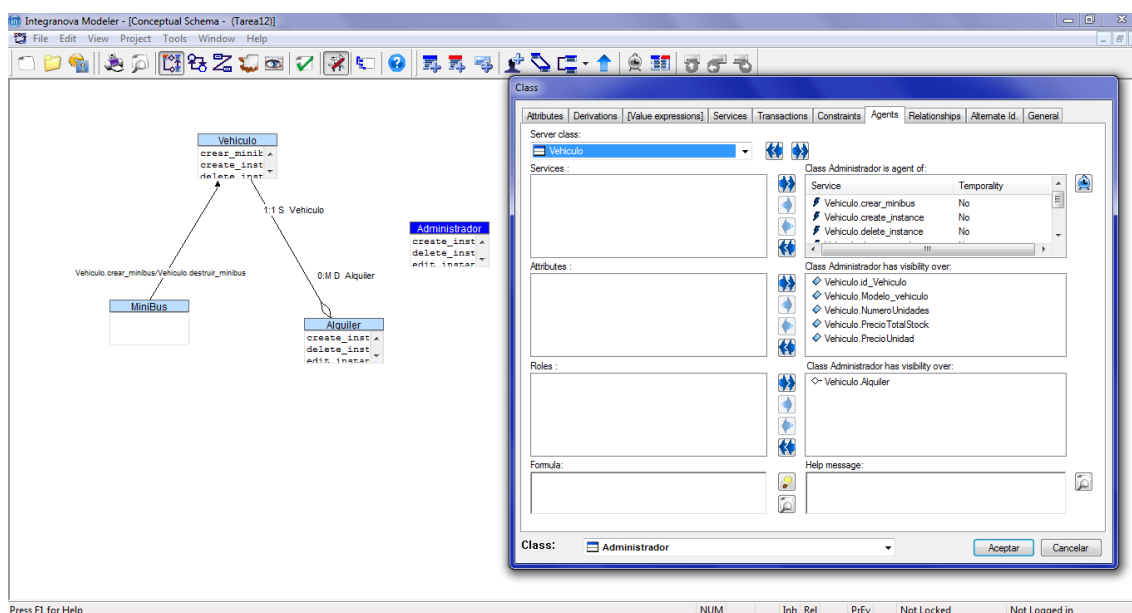


Figura 29. Creación de un perfil de usuario de administrador del sistema

Tarea N° 13

- **Parte de la aplicación a testear**

Crear un perfil de usuario con acceso limitado (Figura 30).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de crear un perfil de usuario y asignarle permiso sobre un método de una clase ya creados en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Crear una clase “Usuario” que sea como un perfil de usuario que tenga acceso a la función “editar_NumeroUnidades” de la clase “Vehiculo”.

- **Postcondición**

Se ha creado una clase Agente “Usuario” del método “editar_NumeroUnidades”.

- **Complejidad estimada**

Media.

- **Porcentaje completado**

Se crea la clase: 10%; Es agente de cualquier método o servicio 40%; Corresponde con lo pedido 50%.

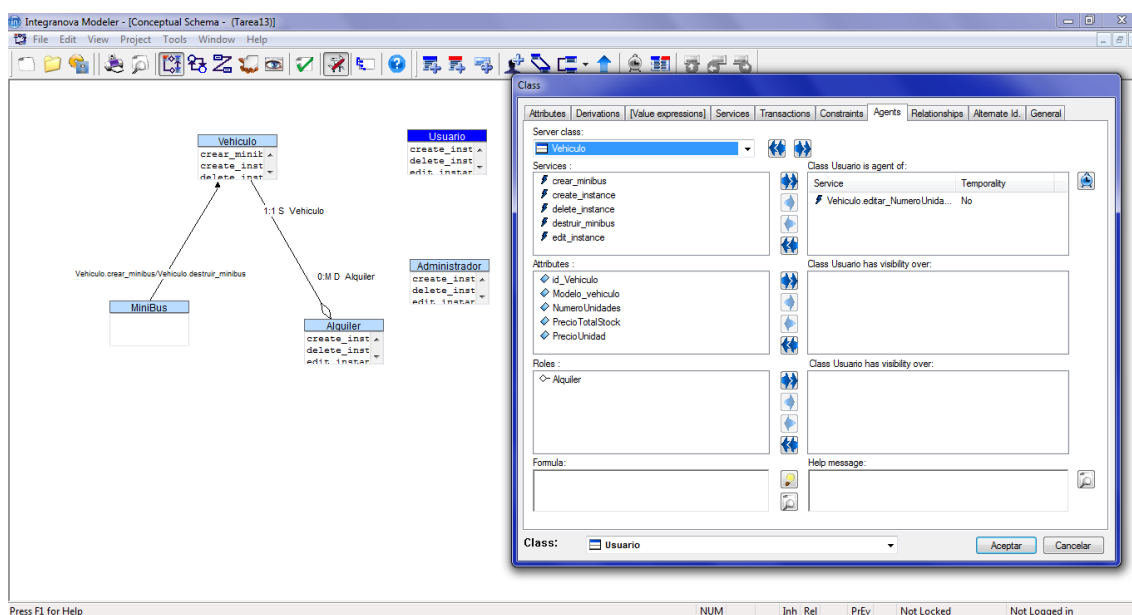


Figura 30. Creación de un perfil de usuario con acceso limitado

Tarea N° 14

• Parte de la aplicación a testear

Editar el nombre, texto de ayuda y comentario de una clase ya existente (Figura 31).

• Hipótesis

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos son capaces de editar el nombre, texto de ayuda y comentario de una clase ya existente en INTEGRANOVA.

• Precondición

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

• Explicación para el usuario

Editar el nombre de la clase “Minibus” y cambiarlo por “Autobus”, añadiendo el comentario “Hereda de Vehículo”, y en el mensaje de ayuda “Clase que define una marca de autobús”.

• Postcondición

La clase se ha editado correctamente.

• Complejidad estimada

Fácil.

• Porcentaje completado

Edita el nombre: 40%; Editar el comentario 30%; Editar el mensaje de ayuda 30%.

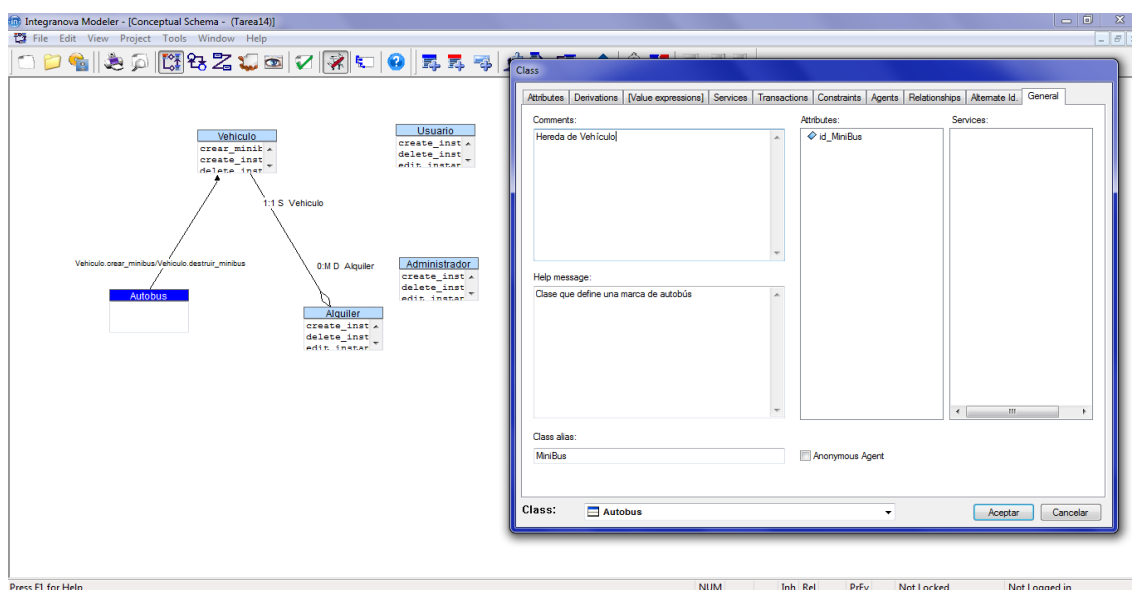


Figura 31. Edición de los comentarios de una clase

Tarea N° 15

• Parte de la aplicación a testear

Visualizar las relaciones de agente en el esquema conceptual de objetos (Figura 32).

• Hipótesis

Todos los usuarios con conocimientos de orientación a objetos pueden mostrar las relaciones de agente en el esquema conceptual de objetos en INTEGRANOVA.

• Precondición

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

• Explicación para el usuario

Visualizar gráficamente las relaciones de agente en el esquema conceptual de objetos.

• Postcondición

En el esquema conceptual se visualizan las relaciones de agente entre clases.

• Complejidad estimada

Fácil

• Porcentaje completado

Hace clic en “Ver Agentes”: 30%; Visualiza las relaciones: 70%.

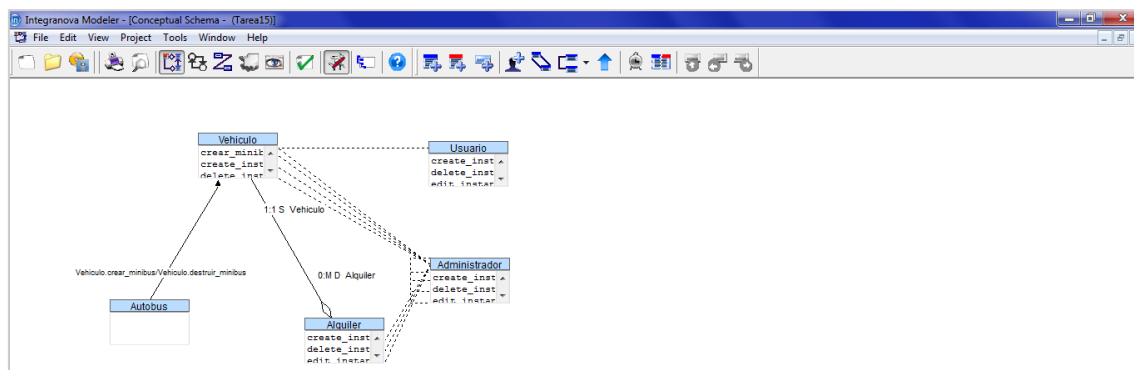


Figura 32. Visualización de las relaciones de agente

Tarea N° 16

- **Parte de la aplicación a testear**

Definir una precondition para un servicio ya existente (Figura 33).

- **Hipótesis**

Todos los usuarios pueden definir una precondition para un servicio ya existente en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Crear el atributo “Obsoleto”, un booleano variable, para la clase “Vehículo”. Especificar que para destruir un “Vehículo”, “Obsoleto” debe tener valor verdadero. En caso contrario sacar un mensaje por pantalla “El modelo de Vehículo que trata de eliminar no está obsoleto”.

- **Postcondición**

La precondition se ha definido tal como lo especificado en el enunciado.

- **Complejidad estimada**

Media

- **Porcentaje completado**

Crea “obsoleto”: 10%; Entra en el cuadro de precondiciones: 40%; Crea la precondition correctamente: 50%.

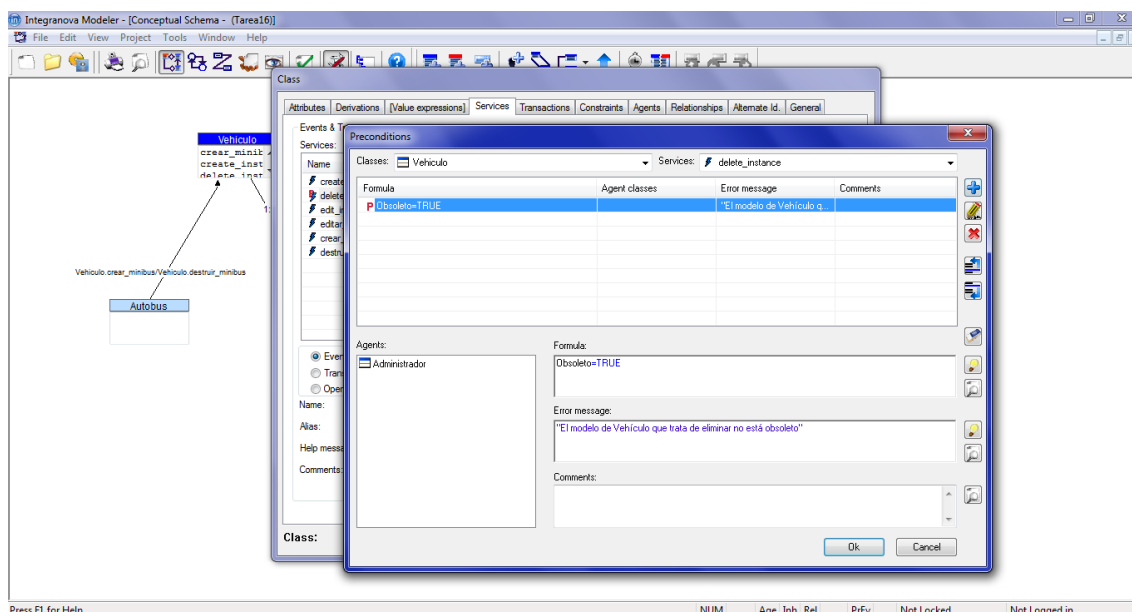


Figura 33. Definición de una precondition de un servicio

Tarea N° 17

- **Parte de la aplicación a testear**

Crear una relación dinámica (Figura 34).

- **Hipótesis**

Los usuarios que hayan utilizado alguna herramienta de modelado anteriormente pueden crear una relación dinámica entre dos clases en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Crear la clase “Garaje” y su relación con “Vehículo”, donde una instancia de “Vehículo” pertenece a un sólo “Garaje” que a su vez puede contener varios “Vehículos”. Además, en tiempo de ejecución un “Garaje” puede cambiar de “Vehículo” y un “Vehículo” puede también cambiar de “Garaje”.

- **Postcondición**

La relación dinámica se ha definido tal como lo especificado en el enunciado.

- **Complejidad estimada**

Media.

- **Porcentaje completado**

Crea la relación dinámica: 100%.

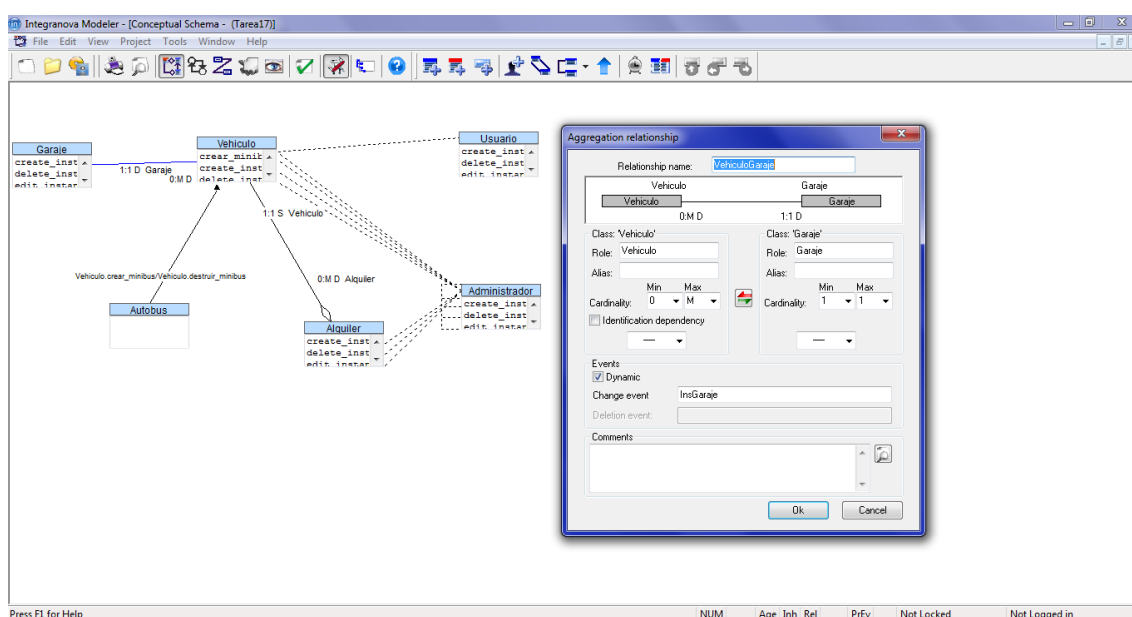


Figura 34. Creación de una relación dinámica

Tarea N° 18

- **Parte de la aplicación a testear**

Crear una transacción (Figura 35).

- **Hipótesis**

Los usuarios que hayan utilizado alguna herramienta de modelado anteriormente pueden crear una transacción que implique a dos clases en INTEGRANOVA.

- **Precondición**

La aplicación INTEGRANOVA estará abierta y las tareas anteriores estarán correctamente realizadas.

- **Explicación para el usuario**

Crear una transacción tal que cuando crees un “Garaje” se cree también un “Vehículo”.

- **Postcondición**

La transacción se ha definido tal como lo especificado en el enunciado.

- **Complejidad estimada**

Difícil.

- **Porcentaje completado**

Crear la transacción: 50%; Que funcione correctamente: 50%.

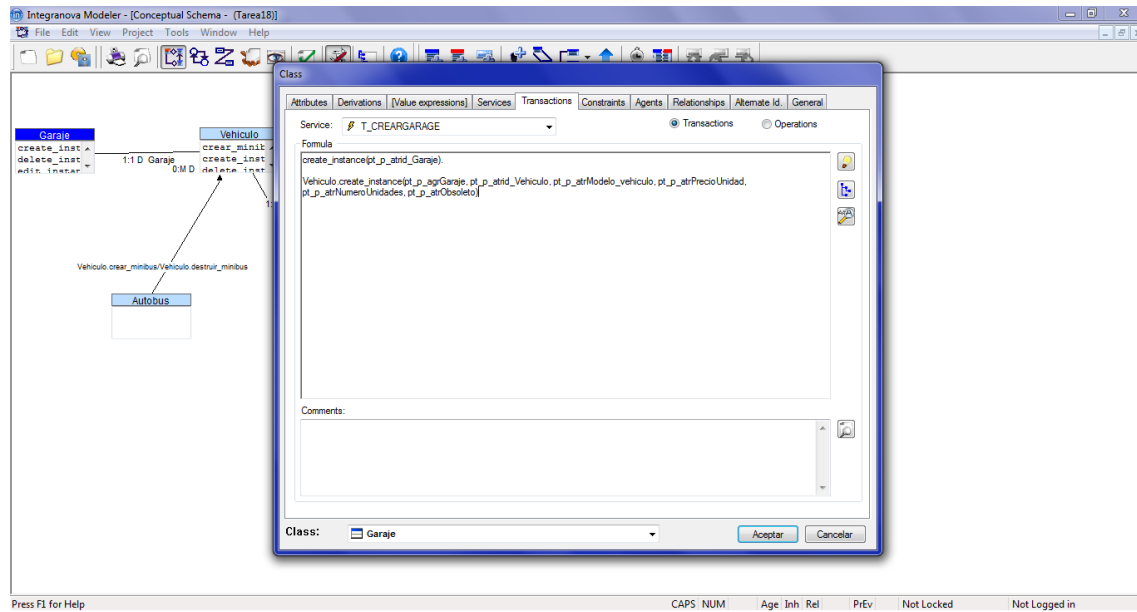


Figura 35. Creación de una relación

Anexo C. Cuestionario a Entregar al Usuario

En la Figura 36 se muestra el cuestionario entregado a cada usuario para la realización de las tareas con la herramienta INTEGRANOVA.

Realiza las siguientes tareas una por una y en orden, puedes consultar la ayuda cuando sea necesario. Recuerda pensar en voz alta y explicar lo que vas haciendo y qué esperas que suceda cuando seleccionas alguna función de la aplicación.

Tarea 1:

Crea una clase con nombre “Vehiculo”, no te preocupes por el resto de las opciones.

Tarea 2:

En la clase “Vehiculo” que acabas de crear:

- Crea el atributo “Modelo_vehiculo”, una cadena de 20 caracteres constante que representará el modelo del coche.
- Creación del atributo “PrecioUnidad”, un número real variable que indica el precio de una unidad del modelo de coche representado por la clase.
- Creación del atributo “NumeroUnidades”, un entero variable que representa el número de unidades del modelo de coche del que disponemos en stock.

Tarea 3:

En la clase “Vehiculo”, crear el atributo “PrecioTotalStock”, un número real derivado, que en la siguiente tarea servirá para saber cuánto dinero representan los coches que tenemos en stock.

Nota: Los atributos derivados son atributos que toman su valor en base a otros atributos.

Tarea 4:

Crear una derivación del atributo “PrecioTotalStock”, tal que en caso de que “NumeroUnidades” sea igual a uno o más:

“PrecioTotalStock = PrecioUnidad*NumeroUnidades”.

No es necesario derivar el atributo para los demás casos de “NumeroUnidades”.

Tarea 5:

Crear un método para la clase “Vehiculo” de nombre “editar_NumeroUnidades” que servirá más adelante para editar el número de coches de ese tipo que tenemos en stock.

Nota: Servicio en INTEGRANOVA es un método en un lenguaje de modelado OO cualquiera.

Tarea 6:

Crear la clase “Alquiler” que representa un alquiler de un coche y la relación de asociación entre “Vehiculo” y “Alquiler” donde un tipo de vehículo puede ser alquilado ninguna o muchas veces, pero en cada alquiler se debe alquilar algún vehículo, y sólo un tipo de vehículo a la vez.

Tarea 7:

Crear la clase “MiniBus”, que será uno de los tipos de vehículos que se podrán alquilar y su relación de herencia con “Vehiculo” donde “MiniBus” es hijo de “Vehiculo”.

Tarea 8:

Crear las funciones constructora y destructora de la clase “MiniBus”: “crear_minibus” y “destruir_minibus” tal que la función “crear_minibus” debería crear una clase “MiniBus”. Igualmente “destruir_minibus” debería destruir la misma clase.

Nota: Las funciones constructora y destructora se llaman, en INTEGRANOVA, Carrier y Liberator events, respectivamente.

Figura 36. Cuestionario a entregar al usuario

Tarea 9:

Crear el argumento de entrada “Numero_Plazas”, un entero que especifica el número de plazas de un determinado modelo de Minibus y el de salida “Numero_Valido”, un booleano que, más adelante, será cierto en caso de que el número de plazas sea válido y falso en caso contrario, para el método “crear_minibus”.

Tarea 10:

En la clase “Vehiculo”, crear una restricción de integridad según la cual el atributo “NumeroUnidades” siempre tiene que ser positivo. Si no lo fuera lanzar un error: “El número de coches en stock debe ser positivo”.

Nota: En INTEGRANOVA, el término restricción de integridad es sustituido por Constraint.

Tarea 11:

Editar la relación de asociación entre “Vehiculo” y “Alquiler” y convertirla en una relación igual, pero de agregación en vez de asociación, como debería ser actualmente.

Tarea 12:

Crear una clase “Administrador” que sea como un perfil de usuario que tiene permisos sobre todas las funciones y atributos del modelo.

Nota: Un Agente es, en INTEGRANOVA, una clase que tiene permiso para acceder a servicios o atributos de otras clases.

Tarea 13:

Crear una clase “Usuario” que sea como un perfil de usuario que tenga acceso a la función “editar_NumeroUnidades” de la clase “Vehiculo”.

Tarea 14:

Editar el nombre de la clase “Minibus” y cambiarlo por “Autobus”, añadiendo el comentario “Hereda de Vehículo”, y en el mensaje de ayuda “Clase que define una marca de autobús”.

Tarea 15:

Visualizar gráficamente las relaciones de agente en el esquema conceptual de objetos.

Tarea 16:

Crear el atributo “Obsoleto”, un booleano variable, para la clase “Vehiculo”. Especificar que para destruir un “Vehículo”, “Obsoleto” debe tener valor verdadero. En caso contrario sacar un mensaje por pantalla “El modelo de Vehículo que trata de eliminar no está obsoleto”.

Tarea 17:

Crear la clase “Garaje” y su relación con “Vehículo”, donde una instancia de “Vehículo” pertenece a un sólo “Garaje” que a su vez puede contener varios “Vehículos”. Además, en tiempo de ejecución un “Garaje” puede cambiar de “Vehículo” y un “Vehículo” puede también cambiar de “Garaje”.

Tarea 18:

Crear una transacción tal que cuando crees un “Garaje” se cree también un “Vehículo”.

Figura 36. Cuestionario a entregar al usuario (Continuación)

Anexo D. Resultado de la Evaluación Heurística por los Evaluadores Expertos

| | | Experto 1 | | | | | Experto 2 | | | | | Experto 3 | | | | | NA |
|------|--|-----------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|----|
| | Subheurísticas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | Visibilidad del estado del sistema | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | ¿Cada ventana comienza con un título o encabezado que describe el contenido de la pantalla? | | x | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 1.2 | ¿Hay un esquema de diseño de iconos y tratamiento de estilo coherente en todo el sistema? | | | x | | | | | x | | | | | x | | | |
| 1.3 | ¿Un único icono seleccionado es claramente visible cuando está rodeado por iconos no seleccionados? | | | x | | | | x | | | | | x | | | | |
| 1.4 | ¿En cada menú aparecen instrucciones de menú, avisos y mensajes de error en el mismo lugar(es)? | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| 1.5 | En pantallas con entradas de datos a través de varias páginas, ¿cada página está etiquetada para mostrar su relación con los demás? | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| 1.6 | Si el sistema provee de los modos de sobre-escritura y de inserción, ¿hay información visible de cuál de los dos modos está activados? | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| 1.7 | Si se utilizan ventanas emergentes (pop-up) para mostrar mensajes de error, ¿el usuario puede ver el campo de error? | | x | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 1.8 | ¿Hay algún tipo de 'feedback' para cada acción u operación realizada? | | | x | | | | x | | | | | x | | | | |
| 1.9 | Después de que el usuario complete una acción (o grupo de acciones), ¿se indica que puede empezar el siguiente grupo de acciones? | x | | | | | | | x | | | | x | | | | |
| 1.10 | ¿Hay información visual en los menús y cuadros de diálogo sobre qué opciones se pueden seleccionar? | | | x | | | | x | | | | | x | | | | |
| 1.11 | ¿Hay información visual en los menús y cuadros de diálogo sobre las opciones del cursor? | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.12 | Si hay múltiples opciones seleccionables en un cuadro de diálogo del menú, ¿existe información visual sobre las opciones ya seleccionadas? | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.13 | ¿Hay información visual cuando se seleccionan o se mueven los objetos? | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.14 | El estado actual de un icono ¿está claramente indicado? | | x | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 1.15 | ¿Existe 'feedback' cuando se pulsán las teclas de función? | x | | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 1.16 | Si hay retrasos observables (>15 segundos) en el tiempo de respuesta del sistema, ¿se informa al usuario del progreso del sistema? | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| 1.17 | ¿Los tiempos de respuesta son adecuados para cada tarea? | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.18 | Teclear, movimiento del ratón, selección con ratón: 50-150milisegundos | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.19 | Tareas simples y frecuentes: menos de 1 segundo | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.20 | Tareas comunes: 2-4 segundos | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.21 | Tareas comunes: 8-12 segundos | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.22 | ¿Los tiempos de respuesta del sistema son adecuados al proceso cognitivo del usuario? | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.23 | Se requiere continuidad del pensamiento y se debe recordar la información a lo largo de varias respuestas: menos de 2 segundos. | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.24 | No son necesarios altos niveles de concentración y no se requiere recordar información: 2-15 segundos. | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 1.25 | La terminología utilizada en los menús ¿es consistente con el dominio de conocimiento del usuario en relación a la tarea a realizar? | | | x | | | | x | | | | | x | | | | |
| 1.26 | ¿El sistema proporciona visibilidad? Es decir, ¿el usuario puede saber el estado del sistema y que alternativas de acción posee en un determinado momento? | | x | | | | | x | | | | | | x | | | |

Tabla 15. Heurística 1: Visibilidad del estado del sistema

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|------|---|---|---|----|------|---|---|---|----|------|---|---|---|----|--|
| 1.27 | ¿Los menús GUI hacen obvio qué elemento ha sido seleccionado? | | | x | | | | x | | | | | | x | | | |
| 1.28 | ¿Los menús GUI hacen obvio si es posible la des-elección? | x | | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 1.29 | Si se navega entre múltiples pantallas ¿el sistema usa etiquetas de contexto, mapas de menús o marcadores de sitio tipo ayuda navegacional? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| Total | | 3 | 4 | 6 | 0 | 11 | 4 | 5 | 4 | 0 | 11 | 3 | 6 | 3 | 1 | 11 | |
| Media | | 3,50 | | | | | 3,38 | | | | | 3,46 | | | | | |
| | | 3,44 | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 15. Heurística 1: Visibilidad del estado del sistema (Continuación)

| 2 | Correspondencia entre sistema y mundo real | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|
| 2.1 | ¿Los iconos son concretos y familiares? | | x | | | | x | | | | | x | | | | |
| 2.2 | ¿Las opciones de menú están ordenadas del modo más lógico? | | | | x | | | | x | | | | | x | | |
| 2.3 | Si hay una secuencia natural ¿ha sido usada? | | | | x | | | | x | | | | | x | | |
| 2.4 | Los campos relacionados e independientes, ¿aparecen en la misma pantalla? | | | x | | | | | x | | | | | x | | |
| 2.5 | Si las formas de los objetos de la interfaz son utilizados como pistas visuales, ¿conducen con las convenciones culturales de los usuarios? | | | x | | | | | x | | | x | | | | |
| 2.6 | ¿Los colores seleccionados corresponden a expectativas comunes sobre códigos de colores? | | | | | x | | | | x | | | | | x | |
| 2.7 | Si un aviso implica una acción necesaria ¿es consistente el mensaje con la acción? | | | x | | | | | x | | | x | | | | |
| 2.8 | Las referencias indicadas en las teclas o botones virtuales de la interfaz para presionar en la pantalla, ¿son consistentes con nombres de teclas reales? | | | | x | | | | | x | | | | x | | |
| 2.9 | En las pantallas de entradas de datos ¿la terminología utilizada para describir la tarea es familiar para los usuarios? | | | x | | | | | x | | | | x | | | |
| 2.10 | ¿Se proporcionan avisos a nivel de campo en las pantallas de introducción de datos? | x | | | | | | x | | | | | x | | | |
| 2.11 | Para interfaces de preguntas y respuestas, ¿se plantean las preguntas en un lenguaje claro y simple? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 2.12 | ¿Las opciones de menú se corresponden lógicamente con categorías que tengan un significado unívoco? | | | | x | | | | x | | | | | x | | |
| 2.13 | ¿Los títulos siguen un mismo estilo gramatical? | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 2.14 | ¿Es consistente la terminología de las opciones de menú/comandos con el dominio de la tarea del usuario? | | x | | | | | | x | | | | x | | | |
| 2.15 | ¿Los nombres de los comandos son más bien específicos antes que generales? | | | x | | | | | x | | | | | | x | |
| 2.16 | ¿El lenguaje de los comandos permite tanto nombres completos como abreviaturas? | | | | | x | | | | x | | | | | x | |
| 2.17 | ¿Son significativos los códigos de datos de entrada? | | | | | | x | | | | | x | | | x | |
| 2.18 | ¿Se han evitado secuencias de letras no comunes siempre que sea posible? | | | | | | x | | | | | x | | | x | |
| 2.19 | ¿El sistema introduce automáticamente espacios iniciales o finales para alinear la coma decimal? | x | | | | | | | x | | | | | x | | |
| 2.20 | ¿El sistema introduce automáticamente la coma decimal y el símbolo de euro para valores monetarios? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 2.21 | ¿El sistema introduce automáticamente las comas en valores superiores a 9999? | x | | | | | | x | | | | x | | | | |
| 2.22 | ¿Ofrece activación el menú GUI, es decir, algo obvio como decir “hazlo ahora”? | | x | | | | | x | | | | | x | | | |
| 2.23 | ¿El sistema ha sido diseñado para que las teclas con nombres similares no realicen acciones opuestas (y potencialmente peligrosas)? | | | | | | x | | | | | x | | | x | |
| 2.24 | ¿Las teclas de función están etiquetadas de forma clara y distintiva, incluso si esto significa romper las reglas de consistencia? | | | | | | x | | | | | x | | | x | |
| Total | | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 4 | 5 | 2 | 6 | 5 |
| Media | | 3,32 | | | | | 3,09 | | | | | 3,14 | | | | |
| | | 3,18 | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 16. Heurística 2: Correspondencia entre sistema y mundo real

| 3 | Control de usuario | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|--|
| 3.1 | Si la configuración de una ventana es una tarea de baja frecuencia, ¿es especialmente fácil de recordar? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 3.2 | En los sistemas que utilizan ventanas superpuestas, ¿es más fácil para los usuarios reorganizar las ventanas en la pantalla? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 3.3 | En los sistemas que utilizan ventanas superpuestas, ¿es más fácil para los usuarios cambiar entre las ventanas? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 3.4 | Cuando una tarea de usuario se completa, ¿el sistema espera una señal del usuario antes de procesarla? | | | | x | | | | | x | | | | | x | | |
| 3.5 | ¿Pueden los usuarios teclear directamente en un sistema con muchos menús anidados? | x | | | | | x | | | | x | | | | | | |
| 3.6 | ¿Se avisa a los usuarios para confirmar comandos que tengan consecuencias drásticas o destructivas? | | | | x | | | | x | | | | | x | | | |
| 3.7 | ¿Hay una función “deshacer” (undo) para una acción, una entrada de datos o un grupo completo de acciones? | x | | | | | x | | | | x | | | | | | |
| 3.8 | ¿Pueden los usuarios cancelar operaciones que estén en progreso? | | x | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 3.9 | ¿Se permite la corrección de caracteres en los comandos? | x | | | | | x | | | | | | x | | | | |
| 3.10 | ¿Pueden los usuarios ir hacia delante o hacia atrás dentro de un campo permitiendo la corrección de caracteres? | | | | x | | | | | x | | | | | x | | |
| 3.11 | ¿Se permite la corrección de caracteres en los campos de entrada de datos? | | | | x | | | | x | | | | | | x | | |
| 3.12 | Si las listas de menú son largas (más de siete ítems), ¿los usuarios pueden seleccionar un elemento, ya sea moviendo el cursor o escribiendo un código mnemotécnico? | | | | x | | | | | x | | | | x | | | |
| 3.13 | Si el sistema utiliza un dispositivo señalador, ¿los usuarios tienen la opción ya sea de hacer clic en los elementos de menú o de usar un atajo de teclado? | | x | | | | | | x | | | | x | | | | |
| 3.14 | ¿Los menús son extensos (muchos ítems en un menú) antes que profundos (muchos niveles de menú)? | | | | x | | | | | x | | | | | x | | |
| 3.15 | Si el sistema tiene múltiples niveles de menú, ¿hay un mecanismo que permita volver al menú anterior? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 3.16 | Si los usuarios pueden volver al menú anterior, ¿pueden cambiar la elección tomada en dicho menú? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 3.17 | ¿Pueden los usuarios moverse hacia delante y hacia atrás por las opciones de los campos y cajas de diálogo? | | | | x | | | x | | | | | | x | | | |
| 3.18 | Si el sistema tiene pantallas de entrada de datos multipágina, ¿pueden los usuarios moverse hacia delante y hacia atrás por estas páginas? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 3.19 | Las teclas de función que provocan consecuencias serias ¿tienen una característica de “deshacer” (undo)? | x | | | | | x | | | | | x | | | | | |
| 3.20 | ¿Los usuarios pueden dar marcha atrás a sus acciones fácilmente? | x | | | | | x | | | | | x | | | | | |
| 3.21 | Si se permite a los usuarios dar marcha atrás a sus acciones ¿hay un mecanismo para permitir “undos” múltiples? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 3.22 | ¿Los usuarios pueden establecer sus propios valores por defecto del sistema, de la sesión, de archivos y de pantalla? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| Total | | 3 | 2 | 2 | 0 | 7 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Media | | 3,43 | | | | | 3,29 | | | | | 3,14 | | | | | |
| | | 3,29 | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 17. Heurística 3: Control de usuario

| 4 | Consistencia y estándares | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|---|---|---|
| 4.1 | ¿Se han seguido las normas de la industria o de formato de la compañía consistentemente en todas las pantallas dentro de un sistema? | | x | | | | | x | | | | x | |
| 4.2 | ¿Se ha evitado un gran uso de mayúsculas en las pantallas? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.3 | ¿Las abreviaturas no llevan el punto? | | | x | | | | | x | | | x | |
| 4.4 | ¿Están los números enteros justificados a la derecha y los reales con decimales alineados? | | | | | | | | | | | | x |
| 4.5 | ¿Están etiquetados los iconos? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.6 | ¿No hay más de 12-20 tipos de iconos? | x | | | | | x | | | | x | | |
| 4.7 | ¿Existen señales visuales destacadas para identificar la ventana activa? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.8 | ¿Cada ventana tiene un título? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.9 | ¿Es posible en cada ventana desplazamiento vertical y horizontal? | | | | | | | | | | | | x |
| 4.10 | ¿La estructura del menú se corresponde con la estructura de las tareas? | | | x | | | | x | | | | x | |
| 4.11 | ¿Tiene la empresa (o la industria) estándares establecidos para el diseño del menú y son aplicados consistentemente en todos los menús de pantalla a través de todo el sistema? | | | | | | | | | | | | x |
| 4.12 | ¿Se muestran verticalmente las listas de opción de menú? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.13 | Si “salir” (exit) es una opción del menú ¿aparece siempre al final de la lista? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.14 | ¿Están los títulos de menú justificados a la izquierda o centrados? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.15 | ¿Están los ítems del menú justificados a la izquierda, con el número de ítem o un elemento mnemotécnico precediendo al nombre? | x | | | | | x | | | | x | | |
| 4.16 | ¿Los apuntadores embebidos dentro de un ítem de un menú múltiple, se despliegan hacia la derecha de la etiqueta del ítem? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.17 | ¿Aparecen las instrucciones online en una posición consistente para todas las pantallas? | x | | | | | | | x | | | x | |
| 4.18 | ¿Se distinguen, tipográficamente, las etiquetas de los campos y los campos? | x | | | | | | x | | | | x | |
| 4.19 | ¿Son consistentes las etiquetas de los campos de una pantalla de entrada de datos a otra? | | | | x | | | x | | | | | x |
| 4.20 | Respecto a campos y etiquetas ¿están justificados a la izquierda para listas de letras y a la derecha para listas de números? | x | | | | | x | | | | x | | |
| 4.21 | ¿Aparecen las etiquetas a la izquierda de campos simples y arriba de campos lista? | x | | | | | x | | | | x | | |
| 4.22 | ¿Se usan con cuidado las técnicas para llamar la atención? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.23 | Intensidad: sólo 2 niveles | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.24 | Tamaño: hasta 4 tamaños | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.25 | Fuentes: hasta 3 tipos | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.26 | Parpadeo: de 2 a 4 hertzios | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.27 | Color: hasta 4 (colores adicionales sólo para uso ocasional) | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.28 | Sonido: tono suave para reacciones positivas frecuentes, discordante para condiciones críticas poco frecuentes | | | | x | | | x | | | | | x |
| 4.29 | Las técnicas para llamar la atención ¿se usan sólo para condiciones excepcionales o para información dependiente del tiempo? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.30 | ¿No hay más de cuatro a siete colores, y son muy distantes a lo largo del espectro visible? | | | | x | | | | x | | | | x |
| 4.31 | ¿Se proporciona una leyenda si los códigos de colores son numerosos y no es obvio su significado? | | | | | | | | | | | | x |
| 4.32 | ¿Se han evitado emparejamientos de altos colores cromáticos espectralmente extremos? | | | | | | | | | | | | x |
| 4.33 | ¿Se han evitado azules saturados para textos u otros símbolos de líneas finas? | | | | | | | | | | | | x |
| 4.34 | ¿Se pone la información más importante al principio? | | x | | | | | x | | | | x | |
| 4.35 | ¿Las acciones del usuario se nombran de forma consistente a través de todo el sistema? | | | x | | | | x | | | | x | |
| 4.36 | ¿Los objetos del sistema se nombran de forma consistente a través de todo el sistema? | | | x | | | | x | | | | x | |

Tabla 18. Heurística 4: Consistencia y estándares

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|------|---|---|---|----|------|---|---|----|----|------|---|---|---|----|---|--|
| 4.37 | ¿Los mensajes sobre los campos proporcionan más información que una re-expresión del nombre del campo? | | | x | | | | | x | | | | | | | x | | |
| 4.38 | Para interfaces pregunta-respuesta ¿las entradas válidas para preguntas están listadas? | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 4.39 | Los nombres de opciones de menú ¿son consistentes, con cada menú y para todo el sistema, en cuanto a estilo y terminología? | | | | | x | | | x | | | | | | | | x | |
| 4.40 | La estructura de los nombres de las opciones de menú ¿se corresponde con los títulos de menú? | | | | | x | | | | x | | | | | | | x | |
| 4.41 | ¿Los comandos son utilizados de la misma manera, y significan lo mismo, en todas las partes del sistema? | | x | | | | | | | x | | | | x | | | | |
| 4.42 | ¿Tiene el lenguaje del comando una sintaxis consistente y natural? | | | | | x | | | | x | | | | | | | x | |
| 4.43 | ¿Las abreviaturas siguen una regla principal simple, y si es necesario, una regla secundaria simple para abreviaturas que de otro modo serían duplicadas? | | | x | | | | | x | | | | | | | x | | |
| 4.44 | ¿Se usa esta segunda regla únicamente cuando es necesaria? | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 4.45 | ¿Las palabras abreviadas tienen la misma longitud? | | | x | | | | | x | | | | | | | x | | |
| 4.46 | ¿La estructura de un valor de entrada de datos es consistente de pantalla a pantalla? | | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 4.47 | El método de movimiento del cursor al campo siguiente o previo, ¿es consistente para todo el sistema? | | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 4.48 | Si el sistema tiene pantallas de entrada de datos multipágina, ¿tienen todas las páginas el mismo título? | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 4.49 | Si el sistema tiene pantallas de entrada de datos multipágina, ¿tiene cada página un número de página secuencial? | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 4.50 | ¿El sistema de la industria o de la empresa sigue las normas para la asignación de las teclas de función? | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 4.51 | ¿Los colores utilizados para llamar la atención son de alto valor, colores cromáticos altos? | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| Total | | 6 | 3 | 5 | 1 | 24 | 4 | 5 | 7 | 10 | 13 | 4 | 5 | 6 | 4 | 20 | | |
| Media | | 3,77 | | | | | 3,59 | | | | | 3,79 | | | | | | |
| | | 3,72 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 18. Heurística 4: Consistencia y estándares (Continuación)

| 5 | Ayuda a los usuarios. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|--|---|---|--|
| 5.1 | ¿Se usan sonidos para indicar un error? | | | | | x | | | | | | | | | | | | | x | | |
| 5.2 | ¿Los avisos son constructivos, sin implicar una crítica hacia el usuario? | | | x | | | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 5.3 | ¿Los avisos/mensajes implican que el usuario tiene el control? | | | x | | | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 5.4 | ¿Los avisos son breves y no ambiguos? | | | x | | | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 5.5 | ¿Los mensajes de error están redactados de forma que la responsabilidad sea del sistema, y no del usuario? | | x | | | | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 5.6 | Si se usan mensajes de error graciosos ¿son apropiados y no ofenden a los usuarios? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 5.7 | ¿Los mensajes de error son correctos gramaticalmente? | | | x | | | | | | | x | | | | | | | | x | | |
| 5.8 | ¿Los mensajes de error evitan el uso de signos de exclamación? | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | x | |
| 5.9 | ¿Los mensajes de error evitan el uso de palabras violentas u hostiles? | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | x | |
| 5.10 | ¿Los mensajes de error evitan un tono antropomórfico? | | | | | | | | | | | | x | | | | | | x | | |
| 5.11 | Todos los mensajes de error del sistema ¿usan consistentemente un estilo gramatical, formato, terminología y abreviaturas? | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| 5.12 | ¿Los mensajes de usuarios los controla el sistema? | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| 5.13 | ¿El lenguaje de los comandos utiliza una sintaxis acción-objeto normal? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 5.14 | ¿El lenguaje de los comandos evita arbitrariedad, uso de signos de puntuación no españoles, excepto para símbolos que los usuarios ya conocen? | | x | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| 5.15 | Si un error es detectado en un campo de entrada datos, ¿el sistema pone el cursor en ese campo? | | x | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| 5.16 | ¿Los mensajes de error informan al usuario de la severidad del error? | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| 5.17 | ¿Los mensajes de error sugieren la causa del problema? | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| 5.18 | ¿Los mensajes de error proporcionan información semánticamente adecuada? | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| 5.19 | ¿Los mensajes de error proporcionan información sintácticamente adecuada? | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| 5.20 | ¿Los mensajes de error indican la acción que el usuario necesita tomar para corregir el error? | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| 5.21 | Si el sistema soporta usuarios expertos y novatos ¿se dispone de varios niveles de detalle del mensaje de error? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| Total | | | 3 | 7 | 5 | 1 | 2 | 2 | 7 | 5 | 4 | 0 | 2 | 8 | 5 | 1 | 2 | | | | |
| Media | | | 2,56 | | | | | 2,61 | | | | | 2,61 | | | | | | | | |
| | | | 2,59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 19. Heurística 5: Ayuda a los usuarios. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores

| 6 | Prevención de errores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|--|--|---|---|--|
| 6.1 | Si la base de datos incluye grupos de datos ¿pueden los usuarios entrar más de un grupo en una pantalla simple? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 6.2 | ¿Se usan puntos y subrayados para indicar la longitud del campo? | x | | | | | x | | | | | | x | | | | | | | | |
| 6.3 | ¿El nombre de las opciones de menú (en un menú de nivel alto) es usado como título del menú de nivel inferior? | | | | | x | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 6.4 | ¿Son las opciones de menú lógicas, distintivas y mutuamente excluyentes? | | | | | x | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 6.5 | ¿Los datos de entrada son caso-ciego siempre que sea posible? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 6.6 | Si el sistema muestra varias ventanas ¿la navegación entre ventanas es simple y visible? | | x | | | | | x | | | | | x | | | | | | | | |
| 6.7 | Las teclas de función que pueden provocar las consecuencias más serias ¿están en posiciones difíciles de alcanzar? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 6.8 | Las teclas de función que pueden provocar las consecuencias más serias ¿están localizadas lejos de las que tienen leves consecuencias y de teclas de uso frecuente? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 6.9 | ¿Se ha reducido al mínimo el uso de claves de clasificación? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 6.10 | Si el sistema utiliza claves de clasificación, ¿son utilizadas constantemente por todo el sistema? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 6.11 | ¿El sistema impide que los usuarios cometan errores siempre que sea posible? | x | | | | | | x | | | | | x | | | | | | | | |
| 6.12 | ¿El sistema advierte a los usuarios si están a punto de cometer un error potencialmente grave? | x | | | | | | | | x | | | | x | | | | | | | |
| 6.13 | ¿Proporciona inteligentemente el sistema variaciones en los comandos de los usuarios? | x | | | | | | x | | | | | x | | | | | | | | |
| 6.14 | ¿Las pantallas de entrada de datos y las cajas de diálogo indican el número de espacios de caracteres disponibles en un campo? | x | | | | | | | x | | | | | x | | | | | | | |
| 6.15 | Los campos de las pantallas de entrada de datos y cajas de diálogo ¿contienen valores por defecto cuando es apropiado? | x | | | | | | | x | | | | | | x | | | | | | |
| Total | | 6 | 1 | 0 | 0 | 2 | 4 | 2 | 1 | 2 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 2 | | | | | |
| Media | | 2,00 | | | | | 2,11 | | | | | 1,89 | | | | | | | | | |
| | | 2,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 20. Heurística 6: Prevención de errores

| 7 | Reconocimiento antes que recordar | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|--|--|---|---|--|--|--|---|---|---|---|
| 7.1 | Para preguntas y respuestas de interfaces, ¿las señales visuales y los espacios en blanco son utilizados para distinguir las preguntas, indicaciones, instrucciones y la entrada del usuario? | | | | | | | | | | | | | | | x |
| 7.2 | ¿Se inicia la visualización de datos en la esquina superior izquierda de la pantalla? | | | | x | | | | x | | | | | x | | |
| 7.3 | ¿Las etiquetas de campo de varias palabras están colocadas horizontalmente (no apilados verticalmente)? | | | | x | | | | x | | | | | | x | |
| 7.4 | ¿Se visualizan los datos que un usuario necesita en cada paso de una secuencia transaccional? | | | | | | | | | | | | | | | x |
| 7.5 | ¿Los avisos, indicaciones y mensajes se encuentran en una posición de la pantalla fácilmente visible? | | | | x | | | | x | | | | | | x | |
| 7.6 | ¿Las indicaciones han sido modificadas usando espacios en blanco, señales visuales y con texto justificado para una exploración fácil? | | x | | | | | x | | | | | x | | | |
| 7.7 | ¿Alrededor de las áreas de texto hay "espacio suficiente"? | | | | x | | | | x | | | | | | x | |
| 7.8 | ¿Existe una distinción visual obvia entre los menús donde solo es posible una opción y los menús donde es posible seleccionar múltiples opciones? | | | | x | | | | x | | | | | | x | |
| 7.9 | ¿Se han conservado las relaciones espaciales entre las teclas de función suave (señales en pantalla) y teclas de función del teclado? | | | | | | | | | | | | | | | x |
| 7.10 | ¿El sistema pone en gris o borra etiquetas de funciones actualmente inactivas? | | | | x | | | x | | | | | x | | | |
| 7.11 | ¿Se usa el espacio en blanco para crear simetría y dirigir al ojo en la dirección adecuada? | | x | | | | | x | | | | | x | | | |
| 7.12 | ¿Se han agrupado ítems en zonas lógicas, y se han utilizado los títulos para distinguir entre las zonas? | | | x | | | | x | | | | | x | | | |
| 7.13 | ¿Son zonas con no más de doce a catorce caracteres de ancho y seis a siete líneas de alta? | x | | | | | | | x | | | | x | | | |
| 7.14 | ¿Las zonas han sido separadas por espacios, líneas, colores, letras, títulos audaces, reglas líneas o zonas de sombra? | | x | | | | | | x | | | | x | | | |
| 7.15 | ¿Las etiquetas de los campos cerca de los cuadros son separadas por al menos un espacio? | | | | x | | | | x | | | | | | x | |
| 7.16 | ¿Los campos de columnas largas están divididos en grupos de cinco, separados por una línea en blanco? | x | | | | | | | x | | | | x | | | |
| 7.17 | ¿Los campos de entrada de datos opcionales están marcados claramente? | x | | | | | | | x | | | | x | | | |
| 7.18 | ¿Se usan símbolos para romper las cadenas demasiado largas? | x | | | | | | | x | | | | x | | | |
| 7.19 | ¿Se usan resaltados de color para llamar la atención del usuario? | x | | | | | | | x | | | | x | | | |
| 7.20 | ¿Se usa un vídeo inverso para indicar que un elemento ha sido seleccionado? | | | | | | | | | | | | | | | x |
| 7.21 | ¿Se usa el tamaño, el subrayado, el color, el sombreado o la tipografía para mostrar cantidades o importancia relativa de los diferentes ítems de la pantalla? | x | | | | | | x | | | | | x | | | |
| 7.22 | ¿Se usan bordes para identificar grupos significativos? | | | | x | | | | x | | | | | | x | |
| 7.23 | ¿Se ha utilizado el mismo color para los elementos relacionados con el grupo? | | | x | | | | | x | | | | | | x | |
| 7.24 | ¿El código de colores es coherente en todo el sistema? | | | x | | | | | x | | | | | | x | |
| 7.25 | ¿El color usado en conjunto con alguna otra señal es redundante? | x | | | | | | | x | | | | | | x | |
| 7.26 | ¿Hay buen color y contraste de brillo entre la imagen y los colores de fondo? | | | | x | | | | x | | | | | | x | |
| 7.27 | ¿Se ha utilizado luz, colores brillantes y saturados para destacar datos y para restar importancia a los datos más oscuridad, más apagado y los colores desaturados? | x | | | | | | x | | | | | x | | | |
| 7.28 | ¿La primera palabra de cada opción de menú es la más importante? | | | | x | | | | x | | | | | | | x |
| 7.29 | ¿El sistema proporciona un mapa? es decir, ¿las relaciones entre los controles y acciones son evidentes para el usuario? | x | | | | | | x | | | | | x | | | |
| 7.30 | ¿Los códigos de datos de entrada son distintivos? | | | x | | | | | x | | | | | | x | |
| 7.31 | Siempre que es posible ¿se eliminan pares de datos que pueden llevar a confusión? | x | | | | | | | x | | | | x | | | |
| 7.32 | ¿Las cadenas grandes de números o letras se han roto en trozos? | | | | | | | | | | | | | | | x |

Tabla 21. Heurística 7: Reconocimiento antes que recordar

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|------|---|---|---|----|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|
| 7.33 | ¿Los elementos del menú inactivos en gris son omitidos? | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 7.34 | ¿Hay valores seleccionados predeterminadamente en el menú? | | | | | x | | | | x | | | | | | x | |
| 7.35 | Si el sistema tiene muchos niveles de menú o niveles complejos ¿se tiene acceso a un mapa del menú online? | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| 7.36 | ¿Los menús GUI ofrecen affordance: es decir, ¿es evidente la selección donde sea posible? | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| 7.37 | ¿Existen señales visuales sobresalientes para identificar la ventana activa? | | | x | | | | | | x | | | | | | x | |
| 7.38 | ¿Las teclas de función están dispuestas en grupos lógicos? | x | | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 7.39 | ¿Las pantallas de entrada de datos y cuadros de diálogo indican cuando los campos son opcionales? | x | | | | | x | | | | | | x | | | | |
| 7.40 | En pantallas de entrada de datos ¿se visualizan los campos dependientes sólo cuando es necesario? | | | | | x | | | x | | | | | x | | | |
| Total | | 12 | 3 | 5 | 1 | 12 | 6 | 8 | 8 | 6 | 5 | 9 | 9 | 3 | 7 | 5 | |
| Media | | 2,94 | | | | | 2,88 | | | | | 2,70 | | | | | |
| | | 2,84 | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 21. Heurística 7: Reconocimiento antes que recordar (Continuación)

| 8 | Adaptación al usuario | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|--|
| 8.1 | Si el sistema es compatible con los principiantes y con usuarios expertos, ¿hay múltiples niveles de detalle de error en los mensajes? | x | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 8.2 | ¿El sistema permite que los principiantes usen una gramática de palabras clave y los expertos utilicen una gramática posicional? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 8.3 | ¿Pueden los usuarios decidir sus propios sinónimos para los comandos? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 8.4 | ¿Permite el sistema a los usuarios novatos introducir la forma más simple y común de cada comando y a los expertos añadir parámetros? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 8.5 | ¿Los usuarios expertos tienen la opción de introducir múltiples comandos en una sola cadena? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 8.6 | ¿El sistema proporciona teclas de función para los comandos de alta frecuencia? | | x | | | | | x | | | | | x | | | |
| 8.7 | Para pantallas de entrada de datos con muchos campos o en los que los documentos de origen pueden estar incompletos, ¿los usuarios pueden guardar una pantalla parcialmente llena? | x | | | | | | x | | | | | x | | | |
| 8.8 | ¿El sistema introduce automáticamente ceros a la izquierda? | x | | | | | | x | | | | | x | | | |
| 8.9 | Si las listas de menú son cortas (7 ítems o menos), ¿los usuarios pueden seleccionar un elemento moviendo el cursor? | | | | | | x | | | | | | x | | x | |
| 8.10 | Si el sistema utiliza una estrategia de escritura anticipada, ¿los ítems del menú tienen códigos mnemotécnicos? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 8.11 | Si el sistema utiliza un dispositivo señalador, ¿los usuarios tienen la opción de hacer clic en los campos o de usar un atajo de teclado? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 8.12 | ¿El sistema ofrece los atajos "encontrar siguiente" y "encontrar anteriores" para las búsquedas de bases de datos? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 8.13 | En las pantallas de entrada de datos, ¿los usuarios tienen la opción de hacer clic directamente en un campo o usando un atajo de teclado? | | | x | | | | x | | | | | | x | | |
| 8.14 | En los menús, ¿los usuarios tienen la opción de hacer clic directamente en un ítem de menú o usando un atajo de teclado? | | | x | | | | | | x | | | | | x | |
| 8.15 | En los cuadros de diálogo, ¿los usuarios tienen la opción de hacer clic directamente sobre una opción de cuadro de diálogo o usando un atajo de teclado? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 8.16 | ¿Los usuarios expertos pueden usar un puente para anidar cuadros de diálogo con cualquier escritura anticipada, macros definidos por el usuario, o atajos de teclado? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| Total | | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | |
| Media | | 2,29 | | | | | 2,43 | | | | | 2,43 | | | | |
| | | 2,38 | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 22. Heurística 8: Adaptación al usuario

| 9 | Minimalismo en el diseño y la estética | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|--|
| 9.1 | ¿Se visualiza en pantalla únicamente la información esencial para la toma de decisión? | | x | | | | | | x | | | | x | | | | |
| 9.2 | ¿Están todos los iconos en un conjunto visual y conceptualmente distinto? | | | | x | | | | | x | | | | x | | | |
| 9.3 | ¿Se han utilizado grandes objetos, líneas gruesas y áreas simples para distinguir iconos? | | x | | | | | | x | | | | | x | | | |
| 9.4 | ¿Destaca cada icono sobre su fondo? | | | | x | | | | | x | | | | | x | | |
| 9.5 | Si el sistema utiliza una interfaz GUI estándar donde se ha especificado la secuencia de menú, ¿los menús se adhieren a la especificación siempre que sea posible? | | | | | x | | | | x | | | | | | x | |
| 9.6 | ¿Los grupos significativos de ítems están separados por espacios en blanco? | | | x | | | | | | x | | | | | x | | |
| 9.7 | ¿Cada pantalla de entrada de datos tiene un título distintivo, claro, simple y corto? | | | x | | | | | | x | | | | | x | | |
| 9.8 | ¿Las etiquetas de los campos, los títulos de los menús... son breves, familiares y descriptivos? | | | x | | | | | | x | | | | | x | | |
| 9.9 | ¿Se expresan los avisos en modo afirmativo, y usan la voz activa? | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 9.10 | ¿Está cada opción de menú de un nivel inferior asociada con una única opción de menú superior? | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 9.11 | ¿Los títulos de menú son breves, sin embargo, son suficientemente largos para comunicarse? | | | | | x | | | | | x | | | | | x | |
| 9.12 | Los menús emergentes (pop-up) con campos para entrada de datos, ¿poseen varias opciones para entrar esos datos definidas de manera correcta? | x | | | | | | | x | | | | | x | | | |
| Total | | 1 | 2 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 | 2 | 7 | 0 | 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | |
| Media | | 3,50 | | | | | 3,25 | | | | | 3,33 | | | | | |
| | | 3,36 | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 23. Heurística 9: Minimalismo en el diseño y la estética

| 10 | Ayuda y documentación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|--|---|---|--|
| 10.1 | Si los usuarios trabajan desde el disco rígido, ¿las partes del disco rígido que se hallan conectadas en línea (online) están marcadas? | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 10.2 | ¿Son visualmente distintas las instrucciones online? | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 10.3 | ¿Las instrucciones siguen la secuencia de acciones del usuario? | | | | | x | | | | x | | | | | | | | x | | |
| 10.4 | Si las opciones de menú son ambiguas, ¿proporciona el sistema información adicional explicativa cuando se seleccionan los ítems? | x | | | | | | | x | | | | x | | | | | | | |
| 10.5 | ¿Las cajas de entrada de datos y de diálogos pueden ser utilizadas en línea para completar acciones? | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 10.6 | Si los elementos de menú son ambiguos, ¿el sistema proporciona información explicativa adicional cuando se selecciona un ítem? | x | | | | | | | x | | | | x | | | | | | | |
| 10.7 | ¿Hay “ayudas” a la memoria para comandos, tipo referencia rápida online o avisos? | | | | | x | | | | x | | | | | | | | x | | |
| 10.8 | ¿Está la función “Ayuda” visible, por ejemplo, una tecla etiquetada como “AYUDA” o un menú especial? | | | | | x | | | | | | x | | | | | | x | | |
| 10.9 | ¿La interfaz de ayuda del sistema (de navegación, presentación y conversación) es consistente con las de navegación, presentación e interfaces de conversación de la aplicación compatible? | | | | x | | | | | x | | | | | | | | x | | |
| 10.10 | Navegación: ¿es fácil encontrar la información? | | x | | | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 10.11 | Presentación: ¿el nivel visual está bien diseñado? | | x | | | | | | | x | | | | | | | | x | | |
| 10.12 | Conversación: ¿la información es apropiada, completa y comprensible? | | x | | | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 10.13 | ¿Es relevante la información? | | x | | | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 10.14 | Orientada a objetivo (¿Qué puedo hacer con este programa?) | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 10.15 | Descriptivo (¿Para qué es esta cosa?) | | | | | x | | | | x | | | | | | | | x | | |
| 10.16 | Procedimental (¿Cómo hago esta tarea?) | | | | x | | | | | x | | | | | | | | x | | |
| 10.17 | Interpretativa (¿Por qué ocurre esto?) | | x | | | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 10.18 | De navegación (¿Dónde estoy?) | | | | x | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 10.19 | ¿Es sensible la ayuda al contexto? | | | | x | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 10.20 | ¿Puede un usuario cambiar el nivel de detalle de ayuda disponible? | x | | | | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| 10.21 | ¿Los usuarios pueden cambiar fácilmente entre la ayuda y su trabajo? | | | | x | | | | | x | | | | | | | | x | | |
| 10.22 | ¿Es fácil acceder y volver desde el sistema de ayuda? | | | | x | | | | | x | | | | | | | | x | | |
| 10.23 | ¿Los usuarios pueden reanudar el trabajo donde lo dejaron después de acceder a la ayuda? | | | | | | | | x | | | | | | | | | x | | |
| Total | | 3 | 6 | 5 | 1 | 4 | 4 | 4 | 7 | 2 | 2 | 4 | 6 | 4 | 3 | 2 | | | | |
| Media | | 2,84 | | | | | 2,68 | | | | | 2,63 | | | | | | | | |
| | | 2,72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 24. Heurística 10: Ayuda y documentación

| 11 | Eficiencia y eficacia | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|--|
| 11.1 | ¿Pueden los usuarios elegir entre la presentación de información en forma de texto o con iconos? | | | x | | | | | x | | | | | | x | | |
| 11.2 | ¿Las operaciones para ventanas son fáciles de aprender y usar? | | x | | | | | x | | | | | | | x | | |
| 11.3 | Si los usuarios son expertos, la utilización es frecuente, o el sistema tiene un bajo tiempo de respuesta, ¿hay en tal caso menos pantallas (más información por pantalla)? | x | | | | | x | | | | | | x | | | | |
| 11.4 | Si los usuarios son novatos, la utilización no es frecuente, o el sistema tiene un tiempo de respuesta rápido, ¿hay más pantallas (menos información por pantalla)? | x | | | | | x | | | | | | x | | | | |
| 11.5 | ¿El sistema codifica automáticamente los ítems con color, con esfuerzo escaso o nulo por parte del usuario? | x | | | | | x | | | | | | x | | | | |
| 11.6 | Si el sistema soporta tanto usuarios expertos como novatos, ¿hay múltiples niveles de detalle disponibles? | x | | | | | x | | | | | | x | | | | |
| 11.7 | ¿Son los usuarios los iniciadores de las acciones antes que ser quienes deben responder ante ellas? | | | | | x | | | | | | x | | | x | | |
| 11.8 | ¿El sistema realiza traducciones de datos para los usuarios? | x | | | | | x | | | | | | x | | | | |
| 11.9 | ¿En los valores para campos se evita mezclar caracteres numéricos y alfabéticos siempre que sea posible? | x | | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 11.10 | Si el sistema tiene menús profundos (varios niveles), ¿los usuarios tienen la opción de teclear por adelantado? | x | | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 11.11 | Cuando el usuario accede a una pantalla o una caja de diálogo, ¿el cursor ya está posicionado en el campo que más probablemente vaya a necesitar el usuario? | | x | | | | | x | | | | | | x | | | |
| 11.12 | ¿Pueden los usuarios moverse hacia delante y hacia atrás dentro de un campo? | | | | | x | | | | x | | | | | | x | |
| 11.13 | ¿El método para mover el cursor al campo siguiente o previo es simple y a la vez visible? | | | | | x | | | | x | | | | | x | | |
| 11.14 | ¿Se ha evitado la auto-tabulación excepto cuando los campos tienen longitudes fijas o los usuarios son experimentados? | | | x | | | | | x | | | | | | x | | |
| 11.15 | ¿Los dispositivos de entrada escogidos coinciden con las capacidades del usuario? | | | x | | | | | x | | | | | | x | | |
| 11.16 | ¿Las teclas de cursor se encuentran dispuestas en forma de T invertida (mejor disposición para expertos) o en forma de cruz (mejor configuración para novatos)? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 11.17 | Las teclas importantes (como ENTER y TAB) ¿son más grandes que las demás? | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 11.18 | ¿Hay suficientes teclas de función para soportar funcionalidad, pero no tantas que sea difícil su detección y reconocimiento? | | | x | | | | | x | | | | | | x | | |
| 11.19 | ¿Las teclas de función están reservadas para funciones genéricas, de alta frecuencia e importantes? | | | | x | | | | x | | | | | | | x | |
| 11.20 | Las asignaciones de teclas de función, ¿son consistentes a través de pantallas, subsistemas y productos relacionados? | | | | x | | | | x | | | | | | | x | |
| 11.21 | ¿El sistema anticipa y avisa al usuario correctamente acerca de la próxima actividad que sea más probable? | x | | | | | | x | | | | | | x | | | |
| Total | | 8 | 2 | 4 | 2 | 3 | 6 | 4 | 6 | 2 | 1 | 8 | 1 | 5 | 4 | 1 | |
| Media | | 2,47 | | | | | 2,37 | | | | | 2,42 | | | | | |
| | | 2,42 | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 25. Heurística 11: Eficiencia y eficacia

| 12 | Interacción agradable del usuario | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|
| 12.1 | ¿Cada uno de los iconos guarda concordancia con una familia de iconos? | | | | x | | | x | | | | x | | | | |
| 12.2 | ¿Se ha evitado el exceso de detalle en el diseño del icono? | | | x | | | | x | | | | | x | | | |
| 12.3 | ¿Se han usado colores con discreción? | | | x | | | | x | | | | | x | | | |
| 12.4 | ¿La cantidad de administración de ventanas requerida se ha mantenido a un mínimo? | | | x | | | | x | | | | | x | | | |
| 12.5 | Si los usuarios están trabajando a partir de una copia impresa ¿el diseño de pantalla coincide con el formulario en papel? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 12.6 | ¿Se usa el color para resaltar, comunicar organización, indicar cambios de estado y establecer relaciones? | | | x | | | | x | | | | | x | | | |
| 12.7 | ¿Los usuarios pueden desactivar la codificación automática de colores? | x | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 12.8 | Para interfaces pregunta-respuesta ¿se requiere teclear lo mínimo? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 12.9 | ¿Completa el sistema las entradas parciales no ambiguas en los campos de entrada de datos? | x | | | | | x | | | | | x | | | | |
| 12.10 | Si el usuario usa copia en papel ¿la pantalla refleja el formato del papel? | | | | | | | | | | | | | | x | |
| 12.11 | ¿Aparecen en el mismo lugar, para cada menú, las instrucciones, mensajes de error y avisos? | | | x | | | | x | | | | | x | | | |
| Total | | 2 | 1 | 4 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 |
| Media | | 2,63 | | | | | 2,75 | | | | | 2,63 | | | | |
| | | 2,67 | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 26. Heurística 12: Interacción agradable del usuario

Anexo E. Recolección de Datos por Sujeto

En la Tabla 27 se muestra la tabla del fichero Excel utilizado para la recolección de los datos durante la realización de la observación directa con cada uno de los sujetos.

| ID Tarea | Complejidad | Actividad | Éxito | Tiempo | Solución | Dificultad y comentarios |
|---------------------------|-------------|---|-------|--------|--|--------------------------|
| T01 | Fácil | Crear clase | | | Pincha en botón "New class" | |
| | | | | | Pinchar en cualquier parte del fondo blanco para crear la clase | |
| | | | | | Se introduce un nombre | |
| Cálculos TAREA 1 | | | | | | |
| T02 | Fácil | Crear atributo "Modelo_Vehículo" | | | Hacer doble clic sobre la clase creada previamente | |
| | | | | | Escribir en el campo Name "Modelo_vehículo" | |
| | | | | | Seleccionar en attribute type el valor "constant" | |
| | | | | | Seleccionar en DateType el valor "String" | |
| | | | | | En el campo Size se escribe "20" | |
| | | | | | Pulsar el botón de añadir | |
| | Fácil | Crear atributo "PrecioUnidad" | | | Escribir en el campo Name "PrecioUnidad" | |
| | | | | | Seleccionar en attribute type el valor "variable" | |
| | | | | | Seleccionar en DateType el valor "Real" | |
| | | | | | Pulsar el botón de añadir | |
| | Fácil | Crear atributo "NumeroUnidades" | | | Escribir en el campo Name "NumeroUnidades" | |
| | | | | | Seleccionar en attribute type el valor "variable" | |
| | | | | | Seleccionar en DateType el valor "Int" | |
| Pulsar el botón de añadir | | | | | | |
| Cálculos TAREA 2 | | | | | | |
| T03 | Fácil | Crear atributo "PrecioTotalStock" | | | Abrir lista de atributos con doble clic sobre la clase | |
| | | | | | Añadir en Name el valor "PrecioTotalStock" | |
| | | | | | Seleccionar en AttributeType el valor "Derived" | |
| | | | | | Seleccionar en DataType el valor "Real" | |
| | | | | | Pulsar el botón de añadir | |
| Cálculos TAREA 3 | | | | | | |
| T04 | Medio | Crear condición | | | Abrir pestaña de "Derivations" | |
| | Fácil | Crear fórmula | | | En la sección Condition debe quedar NumeroUnidades>=1 | |
| | | | | | En la sección Formula debe quedar PrecioUnidad*NumeroUnidades | |
| | | | | | Pulsar el botón de añadir | |
| Cálculos TAREA 4 | | | | | | |
| T05 | Fácil | Crear Servicio | | | Abrir la lista de servicios de la clase Vehículos (doble clic sobre la clase y seleccionar la pestaña Services) | |
| | | | | | Escribir en Name "editar_NumeroUnidades" | |
| | | | | | Pulsar el botón de añadir | |
| Cálculos TAREA 5 | | | | | | |
| T06 | Fácil | Crear la clase "Alquiler" | | | Pincha en botón "New class" | |
| | | | | | Pinchar en cualquier parte del fondo blanco para crear la clase | |
| | | | | | Se introduce un nombre | |
| | Fácil | Crear la relación entre "Alquiler" y "Vehículo" | | | Seleccionar la clase "Vehículo" | |
| | | | | | Pulsar en "New Relationship" | |
| | | | | | Pinchar sobre la clase "Alquiler" | |
| | | | | | Debe quedar: Cardinalidad clase "Alquiler" Mín=0, Máx=M. Cardinalidad clase "Vehículo" Mín=1, Máx=1. Sino el usuario editará manualmente la relación y lo cambiará (esto sólo si no lo ha hecho de forma óptima) | |
| Cálculos TAREA 6 | | | | | | |

Tabla 27. Recolección de datos por sujeto, tareas y actividades

| | | | | | | |
|---|---------|--|--|--|--|--|
| T07 | Fácil | Crear la clase "MIniBus" | | | Pincha en botón "New class" | |
| | | | | | Pinchar en cualquier parte del fondo blanco para crear la clase | |
| | | | | | Inhabilitar "Extended creation" | |
| | | | | | Se introduce un nombre | |
| | | | | | Seleccionar la clase padre | |
| | | | | | Clic en el botón de herencia | |
| | | | | | Clic en la clase hijo de la herencia | |
| Cálculos TAREA 7 | | | | | | |
| T08 | Fácil | Crear servicio "Crear_minibus" | | | Abrir la lista de servicios de la clase Vehiculo (doble clic sobre la clase y seleccionar la pestaña Services) | |
| | | | | | Añadir en Name el valor "Crear_minibus" | |
| | | | | | Marcar la casilla "New" | |
| | | | | | Pulsar el botón de añadir | |
| | Fácil | Crear servicio "destruir_minibus" | | | Añadir en Name el valor "destruir_minibus" | |
| | | | | | Marcar la casilla "Destroy" | |
| | | | | | Pulsar el botón de añadir | |
| | Difícil | Especificar evento liberador y carrier | | | Doble clic en la relación de herencia | |
| | | | | | En Carrier events seleccionar "Alquiler.Crear_minubus" | |
| En Liberator events seleccionar "Alquiler.destruir_minibus" | | | | | | |
| Cálculos TAREA 8 | | | | | | |
| T09 | Medio | Crear argumento de entrada | | | Abrir la lista de servicios de la clase Vehículo (doble clic sobre la clase y seleccionar la pestaña Services) | |
| | | | | | Seleccionar el servicio "crear_minibus" | |
| | | | | | En la parte derecha de la ventana, escribir en Name "Numero_plazas" | |
| | | | | | Seleccionar en DataType el valor "Int" | |
| | Medio | Crear argumento de salida | | | Pulsar el botón de añadir | |
| | | | | | Seleccionar la pestaña OutBound Arg. Que está en la parte derecha de la pestaña Services | |
| | | | | | Escribir en Name "Numero_valido" | |
| | | | | | Seleccionar en DataType el valor "Bool" | |
| Pulsar el botón de añadir | | | | | | |
| Cálculos TAREA 9 | | | | | | |
| T10 | Medio | Crear fórmula | | | Abrir las restricciones de integridad (clic sobre la clase "Vehiculo" y seleccionar la pestaña "Constraints") | |
| | | | | | En el campo formula debería quedar NumeroUnidades>0 | |
| | Fácil | Introducir mensaje de error | | | En el campo Error message debería quedar "El número de coches en stock debe ser positivo" | |
| | | | | | Pulsar el botón de añadir | |
| Cálculos TAREA 10 | | | | | | |
| T11 | Medio | Cambiar de relación a agregación | | | Pinchar en la relación entre Vehiculo y Alquiler | |
| | | | | | En la ventana que se abre, seleccionar la agregación para la parte Alquiler | |
| Cálculos TAREA 11 | | | | | | |
| T12 | Fácil | Crear la clase "Administrador" | | | Pincha en botón "New class" | |
| | | | | | Pinchar en cualquier parte del fondo blanco para crear la clase | |
| | | | | | Se introduce un nombre | |
| | Medio | Darle permisos | | | Clic derecho sobre la clase Administrador y seleccionar "Agent of the whole system" | |
| | | | | | Pinchar en el botón "Sí" | |
| Cálculos TAREA 12 | | | | | | |

Tabla 27. Recolección de datos por sujeto, tareas y actividades (Continuación)

| | | | | | | |
|-------------------|---|--|--|---|---|--|
| T13 | Fácil | Crear la clase "Usuario" | | | Pincha en botón "New class" | |
| | | | | | Pinchar en cualquier parte del fondo blanco para crear la clase | |
| | | | | | Se introduce un nombre | |
| | Medio | Asignar agente al servicio "editar_NumeroUnidades" | | | Ir a la pestaña "Agents" | |
| | | | | | Debe quedar la siguiente pantalla | |
| | | | | | Hay otra alternativa: Seleccionando el evento "editar_NumeroUnidades", pulsando en "New agent" y seleccionando la clase "Usuario" | |
| | | | | | Para ver las relaciones de agente, ir al menú View\Agents (este paso es opcional) | |
| Cálculos TAREA 13 | | | | | | |
| T14 | Fácil | Cambiar nombre de "Minibus" | | | Clic derecho sobre la clase "Minibus" y seleccionar "Rename" | |
| | Fácil | Añadir comentario y ayuda | | | Abrir la clase "Autobus" e ir a la pestaña "General" | |
| | | | | | Escribir en los campos "Comments" and "help message" | |
| Cálculos TAREA 14 | | | | | | |
| T15 | Fácil | Visualizar la relación de agente | | | Ir al menú View\servives | |
| | | | | | Ir al menú View\agents | |
| Cálculos TAREA 15 | | | | | | |
| T16 | Fácil | Crear atributo "Obsoleto" | | | Escribir en el campo Name "Obsoleto" | |
| | | | | | Seleccionar en attribute type el valor "variable" | |
| | | | | | Seleccionar en DateType el valor "Bool" | |
| | | | | | Pulsar el botón de añadir | |
| | Medio | Escribir la fórmula de la precondición | | | Abrir la pestaña "Services" de la clase "Vehiculo" | |
| | | | | | Seleccionar el servicio "delete_instance" y pulsar el botón de las precondiciones | |
| | | | | | Escribir en el campo "Formula" la expresión Obsoleto=TRUE | |
| Fácil | Escribir el mensaje de error de la precondición | | | Escribir en el campo "Error message" "El vehículo todavía no está obsoleto" | | |
| | | | | Pulsar el botón de añadir | | |
| Cálculos TAREA 16 | | | | | | |
| T17 | Fácil | Crear la clase "Garage" | | | Pincha en botón "New class" | |
| | | | | | Pinchar en cualquier parte del fondo blanco para crear la clase | |
| | | | | | Se introduce un nombre | |
| | Medio | Crea la relación entre "Garage" y "Vehículo" | | | Seleccionar una de las 2 clases | |
| | | | | | Pulsar en "New Relationship" | |
| | | | | | Pinchar sobre la otra clase | |
| | | | | | Pinchar sobre la relación | |
| | | | | Debe quedar la siguiente cardinalidad | | |
| | | | | Se debe marcar la casilla "Dynamic" | | |
| Cálculos TAREA 17 | | | | | | |
| T18 | Fácil | Crear el servicio | | | Abrir la pestaña "Services" de la clase "Garage" | |
| | | | | | En Name poner un nombre cualquiera a la transacción | |
| | | | | | Marcar la casilla "Transaction" | |
| | | | | | Pulsar el botón de añadir | |
| | Difícil | Crear fórmula | | | Al poner create_instance desde el asistente, se debe marcar la casilla "Add arguments to definition" Debe quedar Esta línea=create_instance(pt_p_atrid_Garage). | |
| | | | | | Al poner "Vehículo.create_instance" desde el asistente, se debe marcar la casilla "Add arguments to definition". Debe quedar esta línea=Vehiculo.create_instance(pt_p_agrGarage, pt_p_atrid_Vehiculo, pt_p_atrModeloVehiculo, pt_p_atrPrecioUnidad, pt_p_atrNumeroUnidades, pt_p_atrObsoleto) | |
| Cálculos TAREA 18 | | | | | | |

Tabla 27. Recolección de datos por sujeto, tareas y actividades (Continuación)

Anexo F. Clasificación de los Problemas y Mejoras de Usabilidad de la Herramienta INTEGRANOVA

A continuación, se completan los problemas clasificados por tipo y las mejoras de usabilidad determinadas para la herramienta INTEGRANOVA.

Consistencia y estética

3. Iconos no representativos de su funcionalidad

Importancia:

Alta.

Explicación:

Se encuentran diferentes tipos de errores relacionados con los iconos y botones:

- Todos los usuarios familiarizados con aplicaciones de Windows, están acostumbrados a una serie de iconos estandarizados en la industria, que conviene utilizar para mejorar la usabilidad del usuario como las funciones de abrir documento, guardar, imprimir, buscar, etc.
- Además de no seguir estos estándares, en el caso de las funciones específicas de la aplicación INTEGRANOVA, existen iconos que no representan correctamente la función que realizan.

Ejemplo:

Dadas las explicaciones anteriores, se van a detallar los ejemplos más representativos encontrados.

Los iconos de funcionalidad básica no siguen los estándares de la industria a los que están acostumbrados todos los usuarios (Figura 37).



Figura 37. Botones de funcionalidad básica no estándares

El icono que se utiliza como botón de ayuda a la derecha de la mayoría de cajas de entrada de datos para funciones, realmente facilita la inserción de variables o funciones y no ayuda al usuario para comprender el campo de texto (Figura 38).

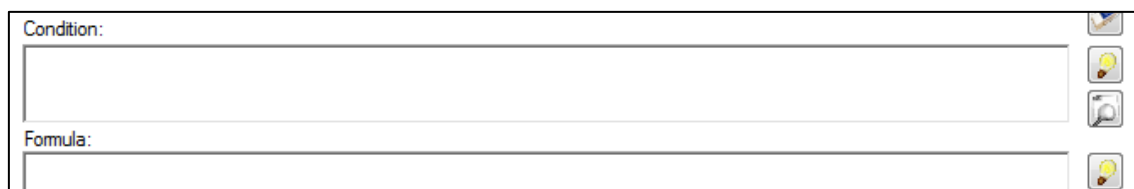


Figura 38. El icono para añadir variables o funciones es una bombilla encendida, en realidad asociado a una idea o sugerencia

Hay otros iconos que tienen algún tipo de error o no son auto-explicativos respecto a la función que realizan. En el menú de herramientas hay un icono con una interrogación que en lugar de abrir la ayuda, como cabría esperar, abre la ventana de “About”. En la Figura 39 los iconos indican las precondiciones de un servicio, copiar un servicio, mostrar los detalles del mismo, validación del modelo y mostrar o esconder la barra de herramientas, respectivamente. Estos iconos no son representativos de la función que realizan.

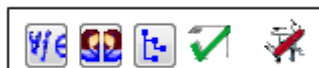


Figura 39. Alguno de los iconos no representativos de la función que realizan

Además, las ayudas de contexto que generalmente aportan una idea de la función realizada por el botón o icono al pulsar, en algunos casos no permiten comprender el funcionamiento, como puede ser con los botones de cada modelo, donde la ayuda indica las iniciales de estos, por ejemplo “STD” o “OID”, lo cual es útil para un usuario avanzado, pero no para un usuario inexperto que necesite de la ayuda de contexto.

Heurísticas que viola:

Correspondencia entre sistema y mundo real.

Consistencia y estándares.

Recomendación:

- Uso de los iconos estándar para funciones que tienen la mayoría de los programas.
- Rediseñar algunos iconos para representar exactamente su función y, en caso de ser necesario, utilizar texto.
- No utilizar un mismo icono para funciones diferentes, aun siendo éstas similares.
- No utilizar abreviaciones que puedan no ser entendidas en las ayudas de contexto, ya que propiamente sirven como ayuda.

4. Algunas funciones no deberían estar en la barra de herramientas

Importancia:

Media.

Explicación:

La barra de herramientas debe contener las funciones que el usuario necesite más a menudo. Sin embargo, en la barra de herramientas de INTEGRANOVA existen funciones que no son utilizadas frecuentemente.

Ejemplo:

Un icono con una interrogación, que muestra la ventana “About”, pocas veces es utilizado así como un icono con una navaja suiza para mostrar o esconder la barra de herramientas.

Heurísticas que viola:

Minimalismo en el diseño y la estética.

Recomendación:

Para ayudar al usuario y evitar añadir botones en la barra de herramientas que no vayan a ser usados frecuentemente, se podrían trasladar los botones de “Drawing toolbar” (mostrar o esconder la barra de herramientas) y “CD Browser” (mostrar o esconder el

árbol del diagrama creado) al menú “View” y el botón “About” trasladar al menú “Help”.

Interacción con la aplicación

5. Orientación insuficiente para el usuario inexperto

Importancia:

Alta.

Explicación:

El uso de una aplicación nueva para el usuario puede ser difícil y confuso, siendo deseable proporcionar un breve tutorial inicial o ayuda para aprender y familiarizarse con la aplicación.

En INTEGRANOVA existe demasiado espacio en blanco en las pantallas principales. Debido a ello, el usuario se siente perdido y no tiene claro cómo utilizar la aplicación.

Los usuarios deben conocer dónde se encuentran en todo momento y qué es lo que modifican en cada cuadro de diálogo. Los títulos ayudan y guían al usuario de las acciones que van a realizar pero en la aplicación no siempre son precisos.

Ejemplo:

En la ventana de propiedades de una clase, el título no es identificativo de las posibles acciones a realizar. El título mostrado es “Class” en vez de “Class Properties” o similar (Figura 40).

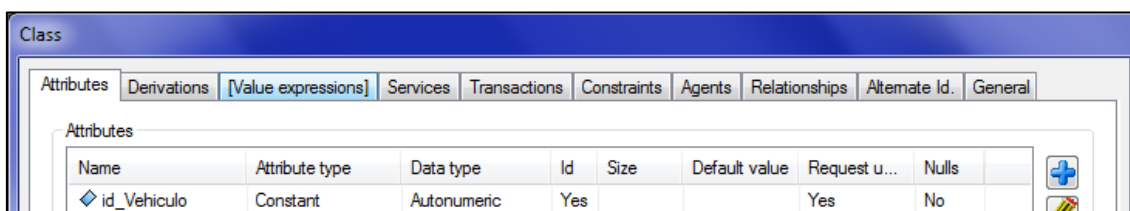


Figura 40. Ventana de propiedades de una clase

La ventana de edición de relaciones muestra como título “Aggregation relationship” aun siendo otro tipo de relación el que se va a modificar (Figura 41).

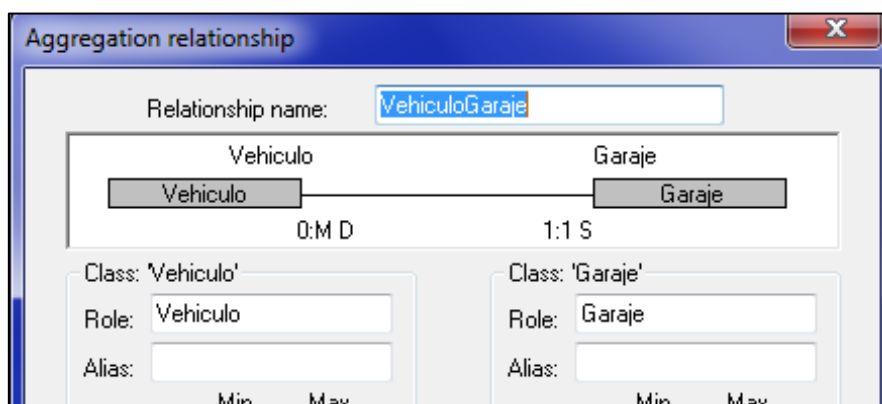


Figura 41. Ventana de modificación de relaciones

Heurísticas que viola:

Ayuda y documentación.

Correspondencia entre sistema y mundo real.

Recomendación:

El diseño es muy importante y debe ser lo más sencillo posible para que el usuario no se sienta perdido. Sería deseable un breve tutorial para comenzar a utilizar la aplicación y mostrar las diferentes funcionalidades que ésta permite para ayudar al usuario a familiarizarse con ella. Además, se deberían cuidar los títulos de la aplicación para conocer dónde se encuentra el usuario en cada momento.

6. Elementos confusos para un usuario principiante**Importancia:**

Alta.

Explicación:

Existen acciones a las que un usuario principiante no está acostumbrado y suponen una barrera de usabilidad. Para algunas funciones como editar atributos o servicios se hace necesario el doble clic, lo que dificulta saber el elemento que se encuentra seleccionado. La usabilidad también se ve afectada en la creación de una nueva clase, donde al seleccionar el botón de crear clase se cambia el cursor por una cruz que hace pensar que se debería arrastrar para crear una clase pero sólo es necesario hacer un clic. Además, si se selecciona el botón, el cursor no se ve modificado aún al pasar por encima de los iconos del menú, lo cual debería suceder.

También es una buena práctica, guiar al usuario habilitando o deshabilitando opciones que puedan o no ser utilizadas.

Ejemplo:

Si seleccionamos un atributo con doble clic para editarlo y, previo a terminar de editarlo, seleccionamos con un clic otro de los atributos de la clase, realmente aparece el primer atributo seleccionado y el segundo, que no está seleccionado, aparece con el fondo azul de selección de pantalla (Figura 42).

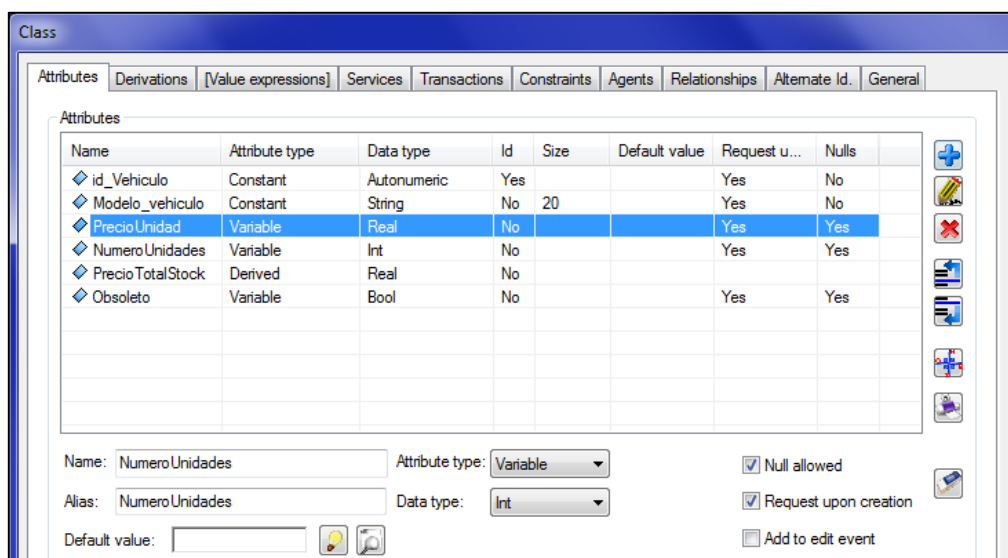


Figura 42. El atributo “PrecioUnidad” parece seleccionado pero realmente lo está “NumeroUnidades”

Por otra parte, la tercera pestaña de la Figura 42 “[Value expressions]” siempre aparece activa como seleccionable y no se puede acceder.

Heurísticas que viola:

Visibilidad del estado del sistema.

Recomendación:

- No utilizar el doble clic para la selección de elementos y sí, un único clic.
- El cursor debe ser representativo de las acciones que se puedan realizar con él.
- Aquellas funciones que no estén permitidas deben estar deshabilitadas, en gris, y no permitir hacer clic sobre ellas.

7. Personalización y uso experto en la aplicación

Importancia:

Alta.

Explicación:

La usabilidad afecta a todos los usuarios de la aplicación, y para aquellos que la utilicen muy a menudo y/o por largos periodos de tiempo es deseable la personalización a gusto del usuario, como pueden ser los atajos de teclado, la barra de herramientas u otras opciones que sean posibles.

Ejemplo:

La aplicación es necesario que tenga una lista de atajos de teclado para que los usuarios puedan consultarla y utilizar aquellos que les sean más útiles y que también podrán modificarse.

La barra de herramientas existente puede cambiarse de posición. Sin embargo, ésta no guarda la posición cuando se cierra la aplicación.

Heurísticas que viola:

Adaptación al usuario.

Recomendación:

Crear una lista de atajos de teclado para los usuarios expertos que pueda modificarse y una opción que permita dejar la barra de herramientas fija aun cerrando la aplicación.

8. Los elementos de los cuadros de diálogo no están correctamente agrupados

Importancia:

Crítica.

Explicación:

Los botones y las cajas de entrada de texto no se encuentran agrupados en los cuadros de diálogo, de forma que para el usuario es difícil entender la relación que existe entre ellos. Los usuarios relacionan aquellos elementos que se encuentran cerca y eso es importante a la hora de diseñar la aplicación, evitando que el usuario inspeccione otros elementos que no fueran necesarios y siendo más intuitivo.

Ejemplo:

El ejemplo más claro y representativo son los botones “Aceptar” y “Add”. Sucede en diversos cuadros de diálogo, tomaremos la ventana de atributos. Al añadir un atributo se observa la caja de entrada de texto para el nombre del atributo con sus correspondientes tipos pero el botón para añadirlo se encuentra alejado de estos, mientras que el botón “Aceptar” está más cerca y es más visual lo que hace que el usuario lo vea antes que el

botón “Add” y como consecuencia salga del diálogo y pierda la información. Supone un doble error, por un lado la distribución de los elementos es desacertada y, por otro lado, constituye la pérdida de información sin previo aviso.

En el cuadro de diálogo “Agents” de las propiedades de una clase, la distribución puede inducir a error. En esta ventana se pueden añadir y/o modificar los permisos de una clase sobre servicios, atributos o roles de otra clase pero los menús desplegables para seleccionar la clase que dará permisos y la clase que los recibirá se encuentran muy alejados entre sí, siendo difícil encontrar alguna relación entre ellos.

Heurísticas que viola:

Correspondencia entre sistema y mundo real.

Prevención de errores.

Recomendación:

Modificar el diseño de los botones y de las cajas de entrada de texto, de forma que acciones que impliquen su uso se encuentren visualmente agrupadas.

El botón “Add” se debería situar próximo a las cajas de entrada de texto de atributos, servicios, restricciones y acciones similares. También, podría existir un botón “Add” que fuera el que abriera una ventana con los campos correspondientes para añadir el elemento deseado.

Para el cuadro de diálogo “Agents”, los menús desplegables se podrían situar próximos para poder relacionarlos y diferenciar la clase seleccionada por medio de colores o resaltándolo.

Funcional general

9. Los cuadros de diálogos abiertos no permiten acceder a cuadros de diálogo situados por debajo

Importancia:

Crítica.

Explicación:

Al abrir una nueva ventana de diálogo no se permite utilizar la pantalla en la que nos encontrábamos sin antes salir de la ventana abierta. No soporta el cambio de ventanas simultáneo para poder añadir, modificar o revisar algún parámetro realizado en otra parte de la aplicación.

Ejemplo:

Abrir dos clases simultáneamente para comprobar o comparar los atributos o servicios.

Otro ejemplo muy representativo es la ventana de diálogo de ayuda. Si se encuentra abierta, no podemos realizar ninguna acción fuera de esta ventana, es decir, no permite seguir los pasos de la ayuda y se debe cerrar para poder continuar.

Heurísticas que viola:

Visibilidad del estado del sistema.

Ayuda a los usuarios. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores.

Recomendación:

Permitir el control de diferentes ventanas simultáneamente y poder navegar entre ellas, ya sea por atajos de teclado o con el ratón.

10. La ayuda no siempre funciona cómo es esperado o presenta la información adecuada

Importancia:

Alta.

Explicación:

La ayuda debería ser sensible al contexto y ayudar al usuario con el problema que está teniendo, enfocada a la resolución práctica de los problemas. En INTEGRANOVA la ayuda está más orientada a la explicación de las opciones de los cuadros de diálogo y no muestra en cada momento información relevante con el estado actual del sistema como ejemplos para resolver el problema que se está teniendo o pequeñas ayudas de una parte de un cuadro de diálogo en concreto.

Ejemplo:

Si aparece un error durante el uso de la aplicación, por ejemplo al introducir un nombre inválido, e intentamos acceder a la ayuda mediante F1 no se abrirá, si previamente no la hemos abierto desde el menú “Help”. Además, desde la ayuda se indica para qué sirve el campo de entrada de texto pero no explica los caracteres que están permitidos o los que no se pueden usar, la longitud máxima del nombre u otros detalles que puedan ser de ayuda al usuario.

Heurísticas que viola:

Ayuda y documentación.

Ayuda a los usuarios. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores.

Recomendación:

- La ayuda debe abrirse al pulsar F1 sin ser obligatorio abrirla previamente desde el menú “Help”.
- La ayuda debe ser representativa de cómo usar las funcionalidades y no explicativa de lo que el usuario está viendo.

Modelo Objeto

11. El cambio de pestañas en las propiedades de una clase borra la información no guardada

Importancia:

Crítica.

Explicación:

La ventana de diálogo de las propiedades de una clase está formada por diferentes pestañas que contienen cajas de entrada de texto y desplegados para añadir elementos. Si al añadir un elemento, antes de confirmarlo, cambiamos de pestaña la información se perderá sin haber avisado de las consecuencias.

Ejemplo:

Al añadir una derivación introducimos la condición y la fórmula y cambiamos a la pestaña de atributos para comprobar los atributos de la clase, al volver a la pestaña “Derivations” los campos estarán vacíos y habrá que introducir nuevamente la condición y la fórmula.

Recomendación:

Si existen cambios sin guardar y se cambia la vista actual, deberá aparecer un mensaje que indique que la información se va a perder y permitir la opción de guardarlo o añadirlo antes de que se pierda.

12. No se pueden mostrar las relaciones de agente si no se ven los servicios antes, lo cual no está señalado con ningún mensaje informativo

Importancia:

Media.

Explicación:

Al intentar seleccionar la opción de ver las relaciones de agentes, la aplicación no muestra un error o informa por qué no se ha podido realizar correctamente, simplemente no hace nada, lo cual causa confusión en el usuario, que no sabe si ha dado la orden correctamente o si ha realizado algún error.

Recomendación:

Se debería mostrar un mensaje informativo que ayude al usuario a entender qué es lo que tendría que realizar.

Anexo G. Evaluación SUS

En la Tabla 28 se encuentran las diez preguntas realizadas para la evaluación de la satisfacción global mediante el cuestionario SUS. En la Tabla 29 y Tabla 30 se muestran las respuestas y la puntuación SUS, que es un único valor por sujeto, para cada uno de los sujetos expertos y novatos, respectivamente. Para su cálculo, primero se suma el valor de cada una de las preguntas, que puede tener una puntuación de 0 a 4. El valor de las preguntas 1, 3, 5, 7 y 9 son su puntuación menos uno y el valor de las preguntas 2, 4, 6, 8 y 10 son cinco menos su puntuación. Para finalmente obtener el valor total de la evaluación SUS, se multiplica la suma total de las preguntas por 2,5, siendo el rango final entre 0 y 100. También se muestra el promedio total para cada uno de los grupos.

| | |
|------------|--|
| Q1 | Pienso que me gustaría utilizar este producto con frecuencia |
| Q2 | Encontré el producto innecesariamente complejo |
| Q3 | Me pareció que el producto era fácil de usar |
| Q4 | Creo que voy a necesitar la ayuda de una persona técnica para poder utilizar este producto |
| Q5 | Me pareció que las diversas funciones de este producto están bien integradas |
| Q6 | Me pareció que había demasiada inconsistencia en este producto |
| Q7 | Me imagino que la mayoría de personas aprenderían a usar este producto muy rápidamente |
| Q8 | Me pareció que el producto es muy complicado de usar |
| Q9 | Me sentí con mucha confianza al usar el producto |
| Q10 | Tenía que aprender muchas cosas antes de que pudiera comenzar a utilizar este producto |

Tabla 28. Cuestionario de preguntas para la evaluación SUS

| EXPERTOS | | | | | | | | | | |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----------|
| Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 | SUS Score |
| 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 22,5 |
| 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 3 | 0 | 4 | 1 | 1 | 27,5 |
| 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 50,0 |
| 0 | 4 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 25,0 |
| 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 57,5 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 62,5 |
| 0 | 4 | 2 | 3 | 1 | 4 | 0 | 4 | 2 | 4 | 15,0 |
| 0 | 3 | 1 | 4 | 1 | 4 | 0 | 3 | 0 | 2 | 15,0 |
| Promedio total | | | | | | | | | | 34,38 |

Tabla 29. Evaluación SUS del grupo de expertos

| NOVATOS | | | | | | | | | | |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----------|
| Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 | SUS Score |
| 0 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 40,0 |
| 0 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 22,5 |
| 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 60,0 |
| 0 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 30,0 |
| 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 35,0 |
| 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 35,0 |
| 0 | 4 | 0 | 4 | 1 | 2 | 0 | 4 | 1 | 3 | 12,5 |
| 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 1 | 4 | 17,5 |
| Promedio total | | | | | | | | | | 31,56 |

Tabla 30. Evaluación SUS del grupo de novatos

Anexo H. Problemas Identificados por Tareas

Problemas generales no correspondientes a ninguna tarea concreta

Durante el uso de INTEGRANOVA no se debería esperar a validar lo que se está haciendo para comprobar si existe algún error, es decir, sería conveniente avisar o notificar los errores surgidos tan pronto como sea posible para que el usuario pueda corregirlo teniendo un feedback al momento, esto afecta tanto para campos de texto, nombre de variables como para el conjunto del modelo.

Los iconos del menú de herramientas no son lo suficientemente aclarativos y en ocasiones confunden al usuario.

Además, no existen comandos de acceso rápido o atajos para acelerar el uso de la aplicación.

Tarea N° 1. Crear una clase

Al seleccionar el icono de crear una clase, los usuarios esperan una reacción del sistema y el icono que aparece no deja claro lo que deben hacer. Algunos usuarios novatos han intentado crear una clase, creando un nuevo proyecto y la distribución de la ventana se ha modificado, se abre un menú en forma de árbol que permite mediante el botón derecho crear una clase. Sin embargo, para dos acciones idénticas, se muestran diferentes disposiciones del programa, confundiendo al usuario.

Tarea N° 2. Crear un atributo variable y otro constante

- El 75% (6/8) de los usuarios novatos y el 62,5% (5/8) de los usuarios expertos pulsaron el botón de “Aceptar” después de añadir el nombre y tipo de atributo, perdiendo la información. Se trata de un error grave, ya que el usuario cree que se ha guardado y en realidad no lo está y no ha recibido ningún aviso. Además, si una vez creado correctamente el atributo no se pulsa “Aceptar” los datos se pierden igualmente.
- Por otra parte el 62,5% (5/8) de los usuarios novatos y el 25% (2/8) de los usuarios expertos primero hacen clic sobre el icono de “Add” antes de escribir el nombre del atributo. Una posible solución sería añadir los atributos desde el listado de atributos o poner un icono, para añadir atributos, más visual y mejor situado donde apareciera una ventana con las posibles opciones.
- También, es poco intuitiva la opción de modificar atributos, donde se debe hacer doble clic, modificarlo y pulsar el icono “Modify”.

Tarea N° 3. Crear un atributo derivado

- Al igual que en todas las tareas, si se realizan modificaciones y posteriormente no se pulsa el botón “Aceptar” se pierden los cambios sin mostrar ningún aviso, mientras que el usuario cree que se han guardado.

Tarea N° 4. Definir la condición y el efecto de una derivación

- El 62,5% (5/8) de los usuarios novatos y la mitad (4/8) de los usuarios expertos tratan de crear la derivación mediante clic derecho o doble-clic sobre el atributo, y no entienden el botón “Go to” como una posible opción para derivar el atributo, quizá sería más sencillo mostrar las posibles opciones directamente en el menú contextual del atributo.

- Algunos usuarios tiene el mismo problema que en tareas anteriores, se les olvida pulsar “Add” y pierden la información o lo pulsan previo a escribir la condición y fórmula.
- El mensaje informativo que aparece al pulsar “Aceptar” si el usuario no especifica una fórmula para cada derivación, no queda claro y confunde sobre todo a los usuarios novatos, obligando a responder Sí o No; sería una buena opción avisar al usuario de lo ocurrido sin interrumpirlo.
- El botón que aparece a la derecha del campo como un botón de ayuda, es utilizado por 9/16 usuarios para mostrar ayuda pero no todos lo utilizan para insertar una función.
- Al insertar una función desde el icono de ayuda, se inserta con un nombre genérico y unos símbolos que se deben borrar para poder crear la derivación correctamente. Una posible solución sería preguntar los atributos que se desean añadir en la función. Además, no se muestran ejemplos reales que permitan al usuario tener claro cómo añadir la función.
- El mensaje de error no es aclarativo del problema que ocurre, impidiendo la corrección rápida e intuitiva del usuario.
- En el caso de cambiar de pestaña durante la realización de la tarea o pulsar “Aceptar” la información se pierde y el usuario no ha sido avisado de tal situación.

Tarea Nº 5. Crear un servicio en una clase que ya tiene los servicios de creación, edición y destrucción que aparecen por defecto

- Existen demasiados iconos y campos de texto, que dificultan sobre todo al usuario novato la creación de un servicio. Lo más sencillo sería minimizar al máximo los iconos y campos de texto para su creación.
- La terminología utilizada: Evento, Transacción, Operación dificulta la creación de servicios incluso a algún usuario experto que tiene dudas sobre si un método es un evento o una operación.

Tarea Nº 6. Crear una clase para crear su relación de asociación con otra clase ya creada

- Para crear una relación, primeramente se debe elegir el tipo de relación, a continuación seleccionar una de las clases, donde el orden es muy importante, después pulsar el botón de relación y finalmente seleccionar la otra clase. Sin embargo, algunos de los usuarios intentan crear la relación de diferentes formas: seleccionando ambas clases y pulsando botón de relación, pulsando botón derecho sobre una de ellas para intentar buscar una opción que fuera crear relación, hacer clic sobre una clase y arrastrarla sobre la otra... Sería conveniente posibilitar en la medida de lo posible, estas opciones al usuario para crear una relación.
- Por otra parte, el botón de la barra de herramientas para establecer una relación está separado en dos, una parte del botón sirve para seleccionar el tipo de relación y la otra para establecer dicho tipo de relación entre las clases. Esto confunde al usuario tanto novato como experto, que cree que lo ha pulsado y sólo ha establecido el tipo de relación. Además, el mensaje de error que aparece al pulsar el botón “Select a class” no es suficientemente claro y, también, confunde al usuario que cierra el diálogo abierto y aunque seleccione la clase debe seleccionar la parte del botón correcta (el botón está dividido en dos partes).

- Una vez superado el obstáculo para crear la relación, si se desea editar la relación existen algunas dificultades: seleccionar la cardinalidad es sencillo pero si no es correcta, hasta que no se valida no se sabe si está bien y en caso de fallo, no se muestra ninguna pista para corregir el error, únicamente “Invalid combination of the relationship cardinalities”.
- El botón que permite intercambiar las clases entre ellas no es usable, algunos usuarios lo utilizan pero no entienden realmente para qué sirve. No obstante, podría corregir el problema que surja al añadir una cardinalidad errónea.
- Algunos usuarios al equivocarse han tratado de deshacer las últimas acciones, pero no existe ningún botón con esa funcionalidad. Sería conveniente permitir al usuario deshacer las últimas acciones, uno de los usuarios novatos prefirió eliminar la relación y crear una nueva.

Tarea N° 7. Crear una clase y su relación de herencia con una clase ya existente

- Para crear la herencia en INTEGRANOVA, se debe seleccionar la clase padre, después el icono de herencia y finalmente la clase hijo. Sin embargo, algunos usuarios trataron de seleccionar ambas clases y posteriormente el icono, o al contrario de cómo se debería realizar, es decir, primero seleccionar la clase hijo y después la clase padre o botón derecho sobre una de las clases para buscar la herencia, donde se encuentran con el mismo icono de la barra de herramientas pero con un título diferente, confundiendo al usuario.
- El principal problema de usabilidad de esta tarea es, la imposibilidad de crear una relación de herencia si la clase hija posee algún método. El 100% de los usuarios participantes ha recibido ese error y el 50% (4/8) de los usuarios novatos no ha podido realizar correctamente la tarea al no saber qué hacer ante tal situación. Sería recomendable que al mostrar el mensaje de error permitiera eliminar los métodos en cuestión, facilitando la realización de la tarea y como consecuencia una reducción de la eficiencia.
- Por otra parte, si se ha creado la relación de herencia desde el menú contextual de la clase o se pretende editar dicha relación, los términos “Ascending” y “Descending” para especificar la clase padre y la clase hijo son algo confusos y los usuarios no tienen claro cuál de las clases sería, quizá un dibujo o una imagen sería más representativo para el usuario.

Tarea N° 8. Establecer los métodos de creación/destrucción para una clase hijo ya creada

- Todos los usuarios participantes han intentado inicialmente crear los métodos constructor y destructor de la clase hijo desde la propia clase, seleccionando la opción de “new” y “destroy”, respectivamente. No obstante, se han encontrado con un mensaje que dice “A specialized class can not have creator or destroy events of its own.”. Sin embargo, no se muestra ninguna ayuda de cómo se debería realizar correctamente y un ejemplo de la dificultad para realizar la tarea es que únicamente uno de los usuarios expertos ha podido finalizar la tarea de forma satisfactoria, tras 360 segundos empleados de media entre todos los usuarios. Para realizar la tarea se deben crear ambos métodos en la clase padre y después asignarlos como Carrier y Liberator events en el cuadro de diálogo de herencia.
Debido al mensaje que aparece, algunos usuarios deseleccionaron las opciones “new” y “destroy”, respectivamente. No obstante, comentaron que de esta forma serían métodos normales y no constructor o destructor como se pide pero al no

encontrar la forma correcta decidieron dejarlo de esta manera. Otros usuarios lo intentaron desde la clase padre, como es correcto en INTEGRANOVA, aunque comentaron que no debería ser así porque los métodos constructor y destructor deberían ser en la clase solicitada y, algunos expertos comentaron que en la clase padre no podría ser porque la aplicación rompería con la estructura orientada a objetos.

Para esta tarea, sería conveniente mensajes de error explicativos y una explicación o guía de la forma correcta de actuar, ya que todos los usuarios se encontraron con uno o más mensajes de error, de los que no supieron con certeza lo que debían hacer.

- También, hubo alguna confusión con el término “Event” para indicar el constructor y destructor ya que no quedaba claro a los usuarios.
- En el cuadro de diálogo donde se seleccionan el evento “Carrier” y “Liberator” no se permite la creación de nuevos eventos, ni tampoco salir sin seleccionar ninguno aunque si se pulsa desde el aspa superior derecha permite salir, siendo algo inconsistente según la opinión de algunos usuarios. Además, los mensajes no deberían ser molestos para el usuario.
- Por último, la selección de los eventos desde este diálogo no es clara ya que no quedan resaltados, por lo que sería más visual mostrar el evento seleccionado en algún color diferente al resto.

Tarea N° 9. Creación de un atributo de entrada/salida para un método

- Algunos usuarios, tardan en darse cuenta que se debe hacer doble-clic sobre un servicio para poder acceder a los detalles de éste e incluso 2 de los usuarios novatos no consiguen saber que habría que hacer doble clic y no realiza correctamente la tarea. La posible solución sería sencilla, seleccionar un servicio con un único clic.

Tarea N° 10. Añadir una restricción de integridad a una clase

- Los iconos de la pestaña Constraints están situados en un orden distinto, lo cual confunde al usuario. Sería más correcto, mantener la consistencia de los iconos de los cuadros de diálogo para facilitar las tareas a los usuarios.
- Todos los usuarios participantes se han encontrado con un mensaje de error al añadir una restricción y el 50% (4/8) de los usuarios novatos y el 25% (2/8) de los usuarios expertos no pudieron realizar correctamente las tareas. El mensaje de error no es explicativo del problema que ocurre y confunde al usuario creyendo que se debe a la fórmula y no al mensaje de error, ya que lo que le falta al usuario es introducir el mensaje entre comillas. Se trata de algo sencillo, que se podría evitar añadiendo automáticamente las comillas la propia aplicación o avisar al usuario de forma concreta para que el usuario identifique el problema.

Tarea N° 11. Editar una relación creada anteriormente

- En esta tarea, sobre todo, los usuarios novatos han tardado más tiempo que los expertos debido a la falta de distinción entre las relaciones de asociación y de agregación. La ventana de propiedades de la relación tiene como título “Aggregation relationship” independientemente del tipo de relación que se establezca. Incluso uno de los usuarios expertos decidió eliminar la relación existente para crear nuevamente una de agregación que según él tardaría menos y estaría seguro. Sería conveniente simplificar la modificación de las relaciones

desde la ventana de propiedades y mostrar un simple texto que identificara cada tipo de relación.

Tarea N° 12. Crear un perfil de usuario de administrador del sistema

- Uno de los iconos de la barra de herramientas es “add agent”. Por un lado, si no se ha seleccionado nada y se pulsa ese icono, el usuario recibe un mensaje de error “Select at least an event”, por lo que si el usuario sólo quiere crear un agente se le debería proponer o permitir crear una nueva clase agente al pulsarlo.
- Por otro lado, haciendo botón derecho desde una clase existe la opción “agent of the whole system” que permite realizar la tarea de forma rápida y sencilla, de esta forma lo realizaron un 62,5% (5/8) de los usuarios expertos.

Tarea N° 13. Crear un perfil de usuario con acceso limitado

- Esta tarea no implica ninguna dificultad para los usuarios que realizaron la tarea anterior desde la pestaña “agents”, pues es muy similar a la anterior. Algún usuario tuvo una pequeña confusión con los botones de las flechas que permiten añadir todos los servicios, atributos o roles o añadirlos uno a uno pero pudieron resolverlo satisfactoriamente. No obstante, los usuarios expertos que habían realizado la tarea anterior, lo intentaron desde el botón derecho de la clase pero al final tuvieron que ir a la pestaña “agents”, por lo que sería más sencillo que para tareas similares se permita hacer de la misma manera y no para unas tareas sí y para otras no.

Tarea N° 14. Editar el nombre, texto de ayuda y comentario de una clase ya existente

- Muchos de los usuarios novatos, e incluso algunos de los expertos, intentan editar el nombre de la clase desde la pestaña “General”. En esta tarea, algunos usuarios añaden primero el comentario y mensaje de ayuda y después cambian el nombre de la clase. Sin embargo, facilitaría a los usuarios que el cambio del nombre de clase se pudiera hacer desde la propia pestaña “General”.

Tarea N° 15. Visualizar las relaciones de agente en el esquema conceptual de objetos

- Un 25% de los usuarios (2/8) novatos y (2/8) expertos no han podido realizarla. Se trataría de una tarea muy sencilla sino fuera por el problema que encuentran los usuarios, para mostrar las relaciones de agente previamente se debe haber seleccionado “View attributes”, ya que si no está seleccionado y se pulsa “View agents” la aplicación no realiza nada. Este problema se podría solucionar mostrando un mensaje explicativo de que se debe seleccionar previamente “View attributes” o que al pulsar “View agents” se seleccione automáticamente “View attributes”.

Tarea N° 16. Definir una precondition para un servicio ya existente

- Esta tarea fue realizada por el 87,5% (7/8) de los usuarios expertos mientras que ninguno de los usuarios novatos pudo realizarla correctamente. La mayoría de los usuarios que no consiguen realizar la tarea no encuentran el botón de preconditiones y los que lo encuentran, no comprenden el mensaje de error que aparece, el cual es debido a la falta de comillas en el mensaje de error de la precondition. Por lo tanto, una posible solución sería mostrar un icono

representativo de una precondition o mostrar un botón con el texto precondition y para el mensaje de error de la precondition que incluya automáticamente las comillas.

Tarea N° 17. Crear una relación dinámica

- Los problemas para realizar esta tarea son similares a los ocurridos en la tarea de edición de una relación, es necesario que el usuario recuerde los conceptos de la ventana de edición de relaciones.
- Para esta tarea, hay un botón en la ventana de edición de relaciones “Dynamic”, que es el que se debe seleccionar. Sin embargo, algunos usuarios no entienden para qué sirve y no lo seleccionan por lo que se debería mostrar una mínima explicación y así ayudar al usuario.

Tarea N° 18. Crear una transacción

- Esta tarea fue realizada correctamente por uno de los ocho usuarios expertos, mientras que los otros siete restantes consiguieron realizar solo la primera parte de la tarea. Sin embargo, para los usuarios novatos dos de los ocho pudo realizar la primera parte de la tarea y los otros seis no consiguieron realizar absolutamente nada.
- Esta tarea sería realizada en un mayor porcentaje, si los usuarios pudieran ver algún ejemplo realizado. Además, los usuarios que inicialmente accedieron a la pestaña no tuvieron claro que debían hacer ya que en dicha pestaña aparecen todos los iconos bloqueados si previamente no se ha creado una transacción desde la pestaña “Services”.